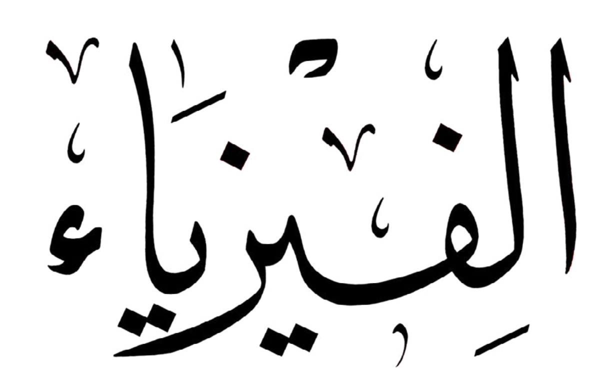


الفيزياء

للصف الثاني العلمي
الفصل الدراسي الأول

طبعة ابتدائية 1437 هـ


بسم الله الرحمن الرحيم

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمدُ للهِ معزّ الإسلام بنصره، ومُذلّ الشركِ بقهره، ومصرّف الأمور بأمره، ومستدرجِ الكافرين بمكره، الذي قدّر الأيام دولاً بعدله، وجعل العاقبةَ للمتقينَ بفضلِه، والصلاةُ والسلام على من أعلى اللهُ منارَ الإسلام بسيفِه.

أما بعد:

فإنه بفضل الله تعالى، وحسن توفيقه تدخل الدولة الإسلامية اليوم عهداً جديداً، وذلك من خلال وضعها اللبنة الأولى في صرح التعليم الإسلامي القائم على منهج الكتاب، وعلى هدي النبوّة وبفهم السلف الصالح والرعيل الأول لها، وبرؤيةٍ صافية لا شرقيّة ولا غربيّة، ولكن قرآنية نبوية بعيداً عن الأهواء والأباطيل وأضاليل دُعاة الاشتراكية الشرقيّة، أو الرأسمالية الغربيّة، أو سماسرة الأحزاب والمناهج المنحرفة في شتّى أصقاع الأرض، وبعدما تركت هذه الوافدات الكفرية وتلك الانحرافات البدعية أثرها الواضح في أبناء الأمة الإسلامية، نهضت دولة الخلافة -بتوفيق الله تعالى- بأعباء ردّهم إلى جادّة التوحيد الزاكية ورحبة الإسلام الواسعة تحت راية الخلافة الراشدة ودوحتها الوارفة بعدما اجتالتهم الشياطين عنها إلى وهدات الجاهلية وشعابها المهلكة.

وهي اليوم إذ تُقدم على هذه الخطوة من خلال منهجها الجديد والذي لم تدخر وسعاً في اتّباع خطى السلف الصالح في إعداده، حرصاً منها على أن يأتي موافقاً للكتاب والسنة مستمداً مادته منهما لا يحيد عنهما ولا يعدل بهما، في زمن كثُرَ فيه تحريف المنحرفين، وتزييف المبطلين، وجفاء المعطلين، وغلوا الغالين.

ولقد كانت كتابة هذه المناهج خطوة على الطريق ولبنة من لبنات بناء صرح الخلافة وهذا الذي كُتِب هو جهد المُقِل فإن أصبنا فمن الله وإن اخطأنا فمنا ومن الشيطان والله ورسوله منه بريء ونحن نقبل نصيحة وتسديد كل محب وكما قال الشاعِر:

وإن تجد عيباً فسُدَّ الخللا   قد جلَّ من لا عيب فيه وعلا

(وآخر دعوانا أن الحمد لله ربِّ العالمين)

محتويات الكتاب



عزيزي الطالب المسلم

نحن في المرحلة النهائية لتعلم أساسيات الفيزياء والتي ستبني عليها مستقبل اختصاصك الدقيق في الحياة العلمية والعملية , والتي سترافقك بقية عمرك. فكن ملماً حاذقاً بهذه اللبنات العشر الأخيرة من هذا العلم المميز, فإن ما ستتعلمه في هذه المرحلة سيكون قاعدتك العريضة في الحياة العلمية العملية الدينية, فكلما كانت هذه القاعدة رصينة متينة, تتمتع بمرونة المعلومات, ستكون حياتك إن شاء الله سهلةً سريعة التفاعل, والعطاء, واسعة التصور. ليكن هدفك " إن ما أعطاني الله عز وجل من موهبةٍ يجب أن أستغلها بأحسن صورةٍ" لتبلغ هدفك في إرضاء الله بما ينفع الناس, وخدمتهم, ولتكن صورة المسلم كما يريده الشرع, في التطبيق والعمل في المنشط والمكره.

يضم الكتاب خمس وحدات وهي (الوحدة الأولى ـ المتسعات, الوحدة الثانية ـ الحث الكهرومغناطيسي, ـ التيار المتناوب, الوحدة الرابعة ـ الموجات الكهرومغناطيسية,الوحدة الخامسة ـ البصريات الموجية)

ما هي الفيزياء؟

ليس هناك جواب واحد متفق عليه لهذا السؤال، لكن جواباَ ممكناَ أن يكون مقبولا هو: العلم المعني بدراسة السنن العامة التي وضعها الله في الأشياء من حولنا (المادة و الطاقة) بأشكالها المختلفة لنحسن الاستفادة منها في إعمار الأرض بما ينفع الناس بصورة عامة.

و منها نستطيع أن نفهم فهما شاملا للكون الذي نعيش فيه و نتيقن بقدرة الله تعالى في الخلق و التدبير والابداع و الإحاطة بكل شيء و أنه على كل شيء قدير

تفكر و تدبر

أعلِ الهمّة: فقد كانت العلوم في محطّ إدريسَ و نوح و إبراهيمَ و موسى و الأنبياء عليهم السلام ثم انتقلت إلى الاغريق والرومان ثم ازدهرت بشكل كبير في أحضان الحضارة الاسلامية التي نشأت على أعتابها الحضارة الأوربية المادية فاعمل لعودتها من جديد إلى ربوع دولة الإسلام.

- تعد الشحنات الكهربائية كميات مادية حالها حال قطرات الماء والتي يمكن خزنها, فهل يمكن خزن الشحنات الكهربائية في خزانات أيضا؟
- هل يمكن خزن الطاقة الكهربائية في خزانات؟
- إذا اعتقدت بوجود خزان للطاقة الكهربائية, كيف يمكنك التحكم في سَعَة ذلك الخزان؟
- إذا كان خزان الماء فوق سطح المنزل يعزز البيت بالماء بشكل مستمر فكيف يمكن أن نعزز التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية؟
- ما هي معلوماتك عن مصارف (Banks) الطاقة الكهربائية؟
- يقال أن هناك مرشحات كهربائية في الدوائر الإلكترونية فيا ترى ماذا ترشح هذه الأجهزة وكيف؟

الوحدة 1

المُتَّسَعَات

مفردات الوحدة

1-1 مُقَدَّمَة.
2-1 المُتَّسَعَة.
3-1 المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين.
4-1 السَعَة.
5-1 العازل الكهربائي.
6-1 العوامل المؤثرة في مقدار سَعَة المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين.
7-1 ربط المُتَّسَعَات في الدوائر الكهربائية.
8-1 الطاقة الكهربائية المختزنة في المُتَّسَعَة.
9-1 بعض أنواع المُتَّسَعَات.
10-1 دائرة تيار مستمر تتألف من مقاومة ومُتَّسَعَة.
11-1 بعض التطبيقات العملية للمُتَّسَعَة.

الأهداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يُعرِّف مفهوم السَعَة الكهربائية.
- يشرح المُتَّسَعَة وأنواعها وتأثير العازل على مقدار السَعَة الكهربائية.
- يطبق رياضياً استثمار ربط المُتَّسَعَات بطرقها المختلفة ويميز بينها.
- يوضح كيفية شحن وتفريغ المُتَّسَعَة الكهربائية.
- يشرح التطبيقات العملية للمُتَّسَعَات الكهربائية وأجهزته المنزلية.

الرمز والمصطلح العلمي



ScientificTerms	المصطلحات العلمية
Capacitance	السَعَة
Capacitor	المُتَّسَعة
Capacitors in series combination	ربط المُتَّسَعَات على التوالي
Capacitors in parallel combination	ربط المُتَّسَعَات على التوازي
Electric charge	الشحنة الكهربائية
parallel plates capacitor	المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين
Dielectric	العازل الكهربائي
permittivity constant	ثابت السماحية
Electric field	المجال الكهربائي
Electric difference potential	فرق الجهد الكهربائي
Electric POTENTIAL Energy	الطاقة الكامنة الكهربائية
Charging capacitor	شحن المُتَّسَعَة
Electric POTENTIAL GRADIENT	انحدار الجهد الكهربائي
Energy density	كثافة الطاقة
vacuum permittivity	سماحية الفراغ
Electric shock	صدمة كهربائية
Dielectric Constant	ثابت العزل الكهربائي
Polar Dielectric	عازل كهربائي قطبي
Dielectric strength	قوة العزل الكهربائي
Non polar dielectric	عازل كهربائي غير قطبي
Equivalent capacitance	السَعَة المكافئة
Relative permittivity	السماحية النسبية
Discharging capacitor	تفريغ المُتَّسَعَة

الكميـــات الفيزيائـــية الـــواردة في الـــوحدة ورمـــــوزها

الكمية الفيزيائية	الرمز الدولي
الشحنة الكهربائية	Q
الجهد الكهربائي	V
ثابت كولوم	K
سماحية الفراغ	$\epsilon_{\circ}$
سَعَةُ المُتَّسَعة	C
المجال الكهربائي الأصلي	E
المجال الكهربائي للعازل	E_d
المجال الكهربائي المحصل	E_k
فرق الجهد بوجود العازل	ΔV_k
ثابت العزل الكهربائي	K
سَعَةُ المُتَّسَعة بوجود العازل	C_k
المساحة	A
البعد بين اللوحين	d
السعة المكافئة	Ceq
الشحنة الكلية	$Qtotal$
فرق الجهد الكلي	$\Delta Vtotal$
الطاقة الكامنة الكهربائية	$PE_{electric}$
التيار الكهربائي	I
المقاومة الكهربائية	R



Capacitor

المُتَّسَعَات

1

أهــداف الــدرس الدرس الأول : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يبين مفهوم السَعَة الكهربائية.
- يوضح مفهوم المُتَّسَعَة الكهربائية.
- يعدد العوامل المؤثرة على سَعَة المُتَّسَعَة.

1.1 المقدمة Introdaction

الموصـل الكـروي المنفـرد المعـزول يمكنـه تخزيـن كميـة محـددة مـن الشـحنات الكهربائيـة. وأن الاسـتمرار في إضافـة الشـحنات (Q) سـيؤدي حتـما إلى ازديـاد جهـد الموصـل (V) عـلى بعـد معـين (R) عـلى مركـز الشـحنة وعـلى وفـق العلاقـة التـي درسـتها سـابقا تكـون:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \times \frac{Q}{r} \qquad \text{1.1}$$

وكـما درسـت سـابقا أن مقـدار ثابـت التناسـب (K) في قانـون كولـوم هـو:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \quad 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$$

$\epsilon_\circ$: سماحية الفراغ الكهربائية
ومقدارها يساوي:
$8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$

فتصبح العلاقة (1.1) :

$$V = K\frac{Q}{r} \qquad \text{2.1}$$

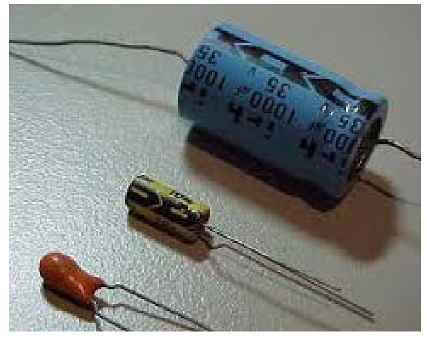
وبذلك يزداد فرق الجهد الكهربائي بينه وبين أي جسم آخر (الهواء مثلا) وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي وقد يصل إلى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي خلال الهواء المحيط به. لاحظ الشكل (1.1) لذا نادراً ما يستعمل الموصل المنفرد في تخزين الشحنات الكهربائية.



الشكل 1.1

2.1 المُتَّسِعَة Capacitor

لعلك تتساءل هل يمكن صنع جهاز يستعمل لتخزين مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتخزن فيه الطاقة الكهربائية؟ لتحقيق ذلك استعمل نظام يتألف من موصلين (بأي شكلين كانا) معزولين يفصل بينهما عازل (أما الفراغ أو الهواء أو مادة عازلة كهربائيا) فيكون بمقدوره اختزان شحنات موجبة على أحد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر (حسب قانون التجاذب والتنافر) وهذا النظام يسمى بالمُتَّسَعَة . الشكل 2.1 يبين بعض متسعات تجدها في دوائر إلكترونيةمختلفة.



الشكل 2.1 متسعات تجدها في دوائر إلكترونية

فالمُتَّسَعَة: هي جهاز يستعمل لتخزين الشحنات الكهربائية والطاقة الكهربائية. يتكون من زوج (أو أكثر) من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل. توجد المُتَّسَعَات بأشكال هندسية مختلفة منها مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين ومُتَّسَعَة ذات الأسطوانتين المتمركزتين, ومُتَّسَعَة ذات الكرتين المتمركزتين.

تصنع المُتَّسَعَات بأشكال مختلفة حجما ونوعا وفقا لتطبيقاتها العملية لاحظ الشكل (3.1) يبين مجموعة من المُتَّسَعَات مختلفة الأنواع والأحجام التي تستعمل في تطبيقات عملية مختلفة.

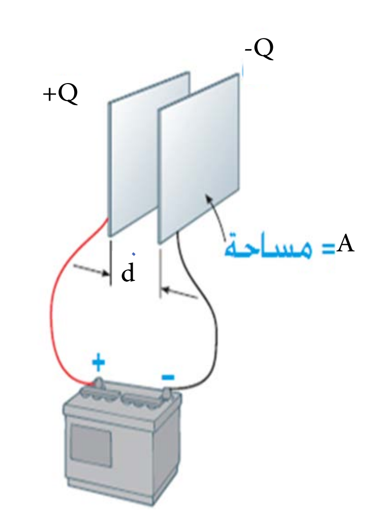
سنتناول في دراستنا في هذه الوحدة المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين.



الشكل 3.1 متسعات باحجام واشكال متنوعة

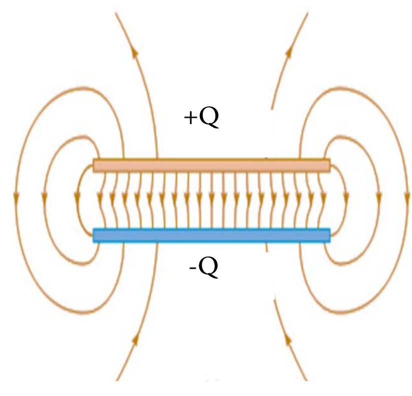
The Paraller - Plate Capacitor — 3.1 المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

غالباً ما يكون الموصلان مستويين متوازيين بينهما مادة عازلة كهربائيا بشكل صفيحتين متوازيتين, وهذا هو أبسط أشكال المُتَّسَعَات وأكثرها استعمالا في الأغراض العملية. وفي أغلب التطبيقات العملية تكون الصفيحتان ابتداءً غير مشحونتين، ولشحنهما تربط إحداهما مع القطب الموجب للبطارية فتظهر عليها شحنة موجبة (+Q) وتربط الصفيحة الأخرى مع القطب السالب للبطارية فتظهر عليها شحنة سالبة (−Q) مساوية لها في المقدار. وكلا الشحنتين تقعان على السطحين المتقابلين للصفيحتين. بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات وهذا يعني أن الصفيحتين تحملان شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا، فيكون صافي الشحنة على الصفيحتين يساوي صفراً.



الشكل 4.1 متسعات ذات لوحين متوازيين

يبين الشكل (4.1) مُتَّسَعَة، تتألف من صفيحتين موصلتين مستويتين متماثلتين معزولتين ومتوازيتين ومساحة كل منهما (A) مفصولتين عن بعضهما بالبعد (d) ومشحونتين بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً تسمى مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين The parallel – plate Capacitor.



الشكل 5.1 يبين خطوط المجال الكهربائي المنتظم

يُظهر الشكل (5.1) خطوط المجال الكهربائي بين صفيحتي مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المستويتين المتوازيتين، ويعد مجالاً كهربائياً منتظماً إذا كان البعد (d) بين الصفيحتين صغيراً جداً بالمقارنة مع أبعاد الصفيحة الواحدة، فيهمل عندئذٍ عدم انتظام خطوط المجال عند الحافات. والرمز المعبر عن المُتَّسَعَة في الدوائر الكهربائية هو ⊣⊢ أو ⊣(⊢ وينطبق هذا الرمز على جميع أنواع المُتَّسَعَات.

Capacitance — 4.1 السَّعَة

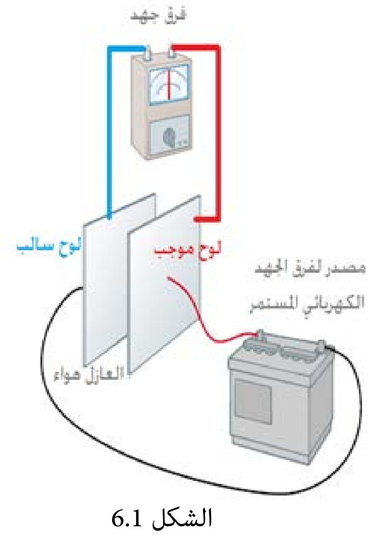
بما أن صفيحتي المُتَّسَعَة مصنوعتان من مادة موصلة ومعزولتان، فتكون جميع نقاط الصفيحة الواحدة المشحونة للمُتَّسَعَة بجهدٍ متساوٍ، ويتولد فرق جهد كهربائي بين الصفيحة ذات الجهد الأعلى (الجهد الموجب) والصفيحة ذات الجهد الأوطأ (الجهد السالب) ويرمز لفرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة المشحونة (ΔV) لاحظ الشكل (6.1) لقد وجد عملياً أن فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين صفيحتي المُتَّسَعَة المشحونة يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة (Q) على أي من صفيحتيها وهذا يعني أن ازدياد مقدار الشحنة (Q) يتسبب في ازدياد مقدار فرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين. لذا يمكن تعريف سَعَة المُتَّسَعَة بأنها ((نسبة الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتيها إلى مقدار فرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين)) .

أي أنّ: $$\frac{Q}{\Delta V} = \text{Constant}$$

والمقـدار الثابـت (constant) يسـمى سَـعَة المُتَّسَـعَة ويرمـز لهـا بالرمـز (C) فتكـون:



$$C = \frac{Q}{\Delta v} \quad (3.1)$$



الشكل 6.1

وتعـد سَـعَة المُتَّسَـعَة مقياسـاً لمقـدار الشـحنة الـلازم وضعهـا عـلى صفيحتيهـا لتوليـد فـرق جهـد كهربـائي معـين بينهـما، والمُتَّسَـعَة ذات السَـعَة الأكـبر يعنـي أنهـا تسـتوعب شـحنة بمقـدار أكـبر.

تقاس سَعَة المُتَّسَعَة في النظام الدولي للوحدات بـ (coulomb/Volt) وتسمى Farad.

1Farad = 1F = 1coulomb/volt

وتكون وحدة (Farad) كبيرة جداً في معظم التطبيقات العملية، فتكون الوحدات الأكثر ملائمة عملياً هي أجزاء الـ (Farad) وهي:

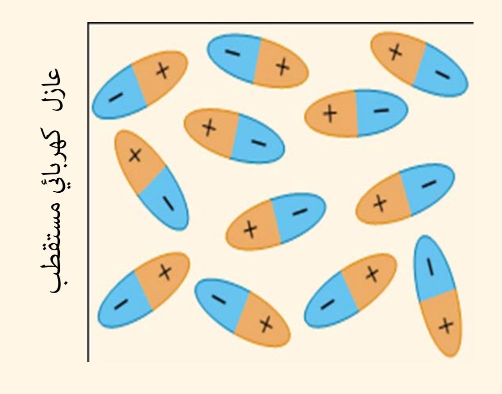
$1\mu F=10^{-6}$ F | $1nF=10^{-9}$F | $1pF=10^{-12}$ F

أهــداف الــدرس

الدرس الثاني : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يبين تأثير العازل على مقدار سَعَة المُتَّسَعَة.
- يحل مسائل تطبيقية خاصة بالمُتَّسَعَات.



5.1 العازل الكهربائي Dielectric

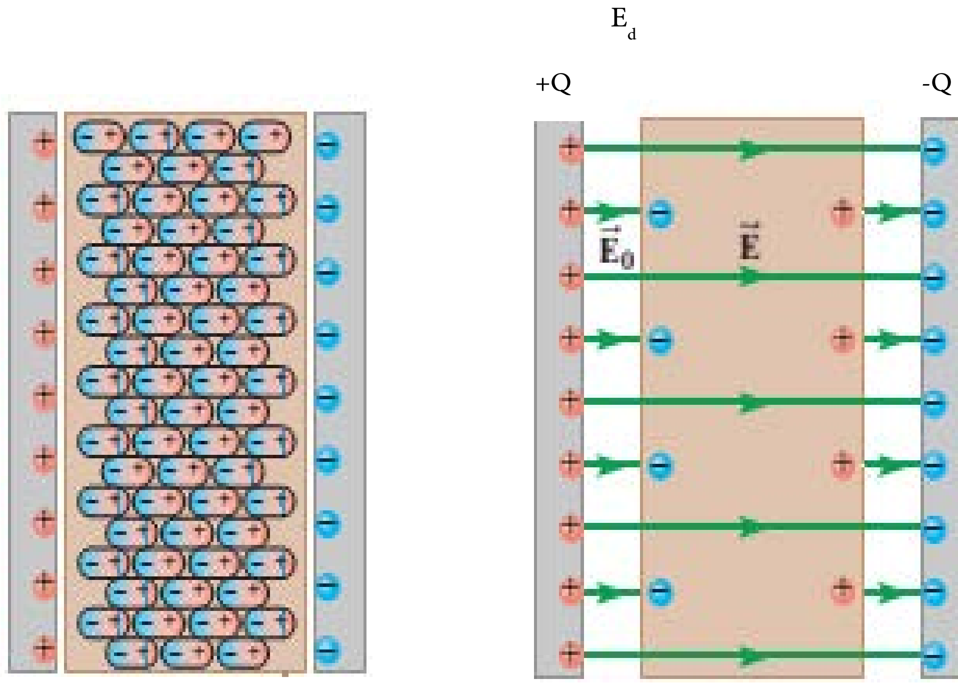
كما عرفت من دراستك السابقة هناك مواد عدة مثل الورق المشمع، اللدائن (البلاستيك) والزجاج، فضلاً عن كونها غير موصلة للكهربائية (عازلة) عند الظروف الاعتيادية، فهي تعمل على تغير مقدار المجال الكهربائي الموضوعة فيه لذا تسمى بالمواد العازلة كهربائياً Dielectric materials وعند وضع مادة عازلة بين صفيحتي مُتَّسَعَة مشحونة فإن جزيئات المادة العازلة تكتسب عزوماً كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبتأثير المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي مصطف باتجاه المجال الكهربائي المؤثر.

وبالنتيجة تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفيحة السالبة للمُتَّسَعَة، في حين تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفيحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادلاً كهربائياً) الشكل (6.1) وحينئذٍ يصبح العازل مستقطباً والشحنتان السطحيتان على وجهي العازل تولدان مجالاً كهربائياً داخل العازل (E_d) يعاكس في اتجاهه اتجاه المجال المؤثر بين الصفيحتين (E) الشكل (7.1) فيعمل على إضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر. ويعطى متجه المجال الكهربائي المحصل (E_k)، بالعلاقة الآتية:

$$\vec{E}_k = \vec{E} + \vec{E}_d$$

$$E_k = E - E_d \quad (4.1)$$

والشكل (6.1) يبين المجال الكهربائي الناشئ في العازل الوضوع بين لوحي المتسعة المشحونة المعاكس بالاتجاه للمجال الكهربائي الناشئ بين لوحي المتسعة.



الشكل 7.1

فيقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة بنسبة (k)

$$k = E / E_k \quad (5.1)$$

وبما أن المجال الكهربائي ($E = \Delta v / d$) أي أنّ فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة يتناسب طردياً مع مقدار المجال الكهربائي، فيقل فرق الجهد بين الصفيحتين أيضاً بنسبة (k).

$$\Delta v_k = \frac{\Delta v}{k} \quad (6.1)$$

إذ أنّ:

(Δv_k) هو فرق الجهد بين الصفيحتين، في حال العازل بينهما هو الفراغ و Δv هو فرق الجهد بينهما بوجود العازل.

ويرمز لمقدار سَعَة المُتَّسَعَة بوجود العازل (C_K) فتكون:

يُعرِّف ثابت العزل الكهربائي (k) للمادة العازلة بأنه: النسبة بين سَعَة المُتَّسَعَة بوجود العازل (C_K) وسَعَتُها بوجود الفراغ أو الهواء (C).

أي أنّ:

$$K = \frac{C_K}{C} \quad (7.1)$$

تعرف قوة العزل الكهربائي بمادة ما بأنها: أقصى مقدار لمجال كهربائي يتواجد في العازل و يمكن أن تتحمله تلك المادة قبل حصول الانهيار الكهربائي لها. وتعد قوة العزل الكهربائي لمادة بأنها مقياس لقابليتها في الصمود أمام فرق الجهد الكهربائي المسلط عليه.

6.1 العوامل المؤثرة في مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

قد تتساءل ما العوامل التي تعتمد عليها سَعَة المُتَّسَعَة؟

إن العوامل التي تعتمد عليها سَعَة المُتَّسَعَة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين هي:

1 - المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين. وتتناسب معها طرديا ($C \propto A$)

2 - البعد (d) بين الصفيحتين. وتتناسب معه عكسياً ($C \propto 1/d$)

3 - نوع الوسط العازل بين الصفيحتين فإذا كان الفراغ أو الهواء عازلا بين الصفيحتين فإن سَعَة المُتَّسَعَة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$C = \frac{\epsilon_{\circ} A}{d} \quad \text{.............} \quad 8.1$$

$\epsilon_{\circ}$ يمثل ثابت التناسب ويسمى (سماحية الفراغ).

وفي حالة وجود مادة عازلة كهربائياً بين الصفيحتين بدلاً من الفراغ أو الهواء ثابت عزلها ث ع وهو السماحية النسبية للمادة ويسمى ثابت العزل الكهربائي وهو عدد مجرد من الوحدات, وحينئذٍ تعطى سَعَة المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين في حالة وجود مادة عازلة كهربائياً بين صفيحتيها بدلاً من الفراغ أو الهواء كالآتي:

حسب العلاقة (7.1)

$$C_k = K \frac{\epsilon_{\circ} A}{d} \quad \text{.............} \quad 9.1$$

فتصبح العلاقة

$$C_k = kC$$

إضاءة

تلجأ بعض المصانع إلى عدة أساليب لغرض زيادة مقدار سَعَة المُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، وذلك بالتحكم في العوامل الثلاثة المؤثرة في مقدار السَعَة (المساحة السطحية للصفيحتين، البعد بين الصفيحتين، العازل الكهربائي) فتصنع الصفيحتان بشكل شرائح معدنية رقيقة جداً واسَعَة المساحة، توضع بينهما مادة عازلة تمتلك ثابت عزل كهربائي كبير المقدار وبشكل أشرطة رقيقة جداً ،ثم تلف على بعضها بشكل أسطواني. لاحظ الشكل (8.1)



الشكل (8.1)

مثال 1.1 Example 1.1

مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين سَعَتُها (pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V). فإذا فصلت المُتَّسَعَة عن البطارية ثم أدخل بين صفيحتيها لوح من مادة عازلة كهربائياً ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما. لاحظ الشكل (9.1 أ،ب) ما مقدار: 1. الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة.

2. سَعَة المُتَّسَعَة بوجود العازل الكهربائي. 3. فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة بعد إدخال العازل.

أ

الحل:

1 . لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة لدينا العلاقة (3.1)

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$Q = C\Delta V$$

فإن الشحنة قبل وضع العازل

$$Q = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-11} \text{ coulomb}$$

C, Q, +, -, ΔV

الشكل (9.1 أ) قبل وضع العازل

2 . لحساب سَعَة المُتَّسَعَة بوجود العازل لدينا العلاقة:

$$C_K = KC$$

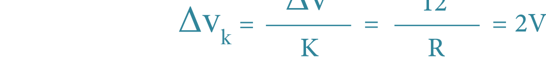
فتكون:

$$C_K = 6 \times 10^{-12} \text{ F} = 60 \times 10^{-11} \text{ F}$$

3. لحساب فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة بعد إدخال العازل:

$$\Delta V_K = Q / C_k = 120 \times 10^{(-12)} / 60 \times 10^{(-12)} = 2V$$

أو يحسب باستخدام العلاقة (6.1):



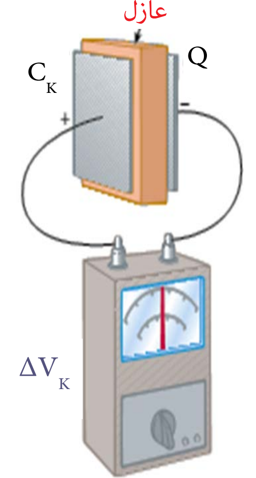
$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K} = \frac{12}{R} = 2V$$



من الجدير بالانتباه: أن فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة بعد إدخال العازل يقل بالنسبة (k) في الحالة التي تكون فيها المُتَّسَعَة مفصولة عن البطارية لاحظ الشكل (9.1 أ ، ب)

بما أن المُتَّسَعَة فصلت عن البطارية ثم أدخل العازل فإن مقدار الشحنة المختزنة فيها يبقى ثابتاً فتكون:

$$q_k = q_o = 120 \times 10^{-12} \text{ coulomb}$$



الشكل (9.1 ب) بعد وضع العازل

تفكر

يقول صديقك: إن المُتَّسَعَة المشحونة تختزن شحنة مقدارها يساوي كذا، وإنك تقول: إن المُتَّسَعَة المشحونة يساوي صافي شحنتها الكلية صفراً .

ومدرسك يقول: إن كلا القولين صحيح! وضح كيف يكون ذلك؟

Example 1.2 — مثال 2.1

مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، البعد بين صفيحتيها (0.5cm) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها (10cm) ويفصل بينهما الفراغ (علما ان سماحية الفراغ $\epsilon_\circ = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$ ما مقدار:

1 . سَعَة المُتَّسَعَة.

2 . الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق الجهد (10V) بينهما.

الحل:



1 . لدينا العلاقة (9.1): $C = \dfrac{\epsilon_\circ A}{d}$

وبما أن كلا من الصفيحتين مربعة الشكل فتكون المساحة: $A=(0.1)^2 = 1 \times 10^{-2}\ m^2$

والبعد بين الصفيحتين: $d=5 \times 10^{-3}\ m$

وباستخدام العلاقة (8.1) نجد: $C = \epsilon_\circ A/d$

$$C = 8.85 \times 10^{-12} \times (1 \times 10^{-2}) / (5 \times 10^{-3})$$

$$C = 1.77 \times 10^{-11} F = 17.7 \times 10^{-12} F = 17.7\ PF$$

2 . لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها نطبق العلاقة (3.1): $Q = C\Delta V$

$$Q = 17.7 \times 10^{-12} \times 10 = 177 \times 10^{-12}\ Coulomb$$

Example 1.3 — مثال 3.1

مساحة كل لوح من لوحي متسعة متوازية اللوحين ($280\ cm^2$) وتفصلهما مسافة مقدارها (0.5 mm). ما هو مقدار المجال الكهربائي بين اللوحين عندما تكون شحنة المتسعة ($1\ \mu C$) ؟



الحل:



من العلاقة (8.1):

$$C = \frac{\epsilon_\circ A}{d}$$

$$C = 8.85 \times 10^{-12} (280 \times 10^{-4} / 5 \times 10^{-4})$$

$$C = 495.6\ F$$

ومن العلاقة (3.1):

$$C = (Q / \Delta V)$$

$$\Delta V = (1 \times 10^{-6}\ C / 495.6 \times 10^{-12}\ F)$$

$$\Delta V = 0.002018 \times 10^{-6}\ V$$

وباستخدام علاقة المجال الكهربائي:

$$E = (\Delta V / d)$$

$$E = 2018\ V / 5 \times 10^{-4}\ m$$

$$E = 403.6\ V/m \text{ or } (N/C)$$



أهــداف الــدرس

الدرس الثالث : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يقارن بين طرق ربط المُتَّسَعات.
- يطبق العلاقات الرياضية الخاصة بنوعي الربط.
- يبين الفائدة العملية من نوعي ربط المُتَّسَعات.

7.1 ربط المتسعات في الدوائر الكهربائية

لا توجد دائرة كهربائية خالية من المُتَّسَعات, لذا أفردنا وحدة كاملة لها، وكما لاحظنا سابقاً في المقاومات هناك ربط توالي وتوازي وهناك ربط مختلط بين الاثنين معاً, نفس الشيء موجود في المُتَّسَعات طريقتان لربط المُتَّسَعَات، توازي وتوالي, إحداهما لزيادة السَعَة المكافئة للمجموعة، ولأجل ذلك تربط المُتَّسَعَات على التوازي مع بعضهما فتزداد بذلك المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المُتَّسَعَة المكافئة للمجموعة المتوازية. والطريقة الثانية ليكون بإمكاننا وضع فرق جهد كهربائي بمقدار أكبر على طرفي المجموعة قد لا تتحمله أي مُتَّسَعَة من المجموعة لو ربطت منفردة، ولأجل ذلك تربط المُتَّسَعَات على التوالي مع بعضها.

أ. ربط المتسعات على التوازي:

الشكل (10.1) يوضح طريقة عملية لربط المتسعتين (C_1 ، C_2) على التوازي وربط طرفي مجموعتهما بين قطبي بطارية، لذا فإن كلاهما تكونان بفرق جهد متساوٍ.

أي أنّ:

$$\Delta v_1 = \Delta v_2 = \Delta v_{battery} = \Delta v$$

وبما أن: $(Q=C\Delta V)$ فتكون

$$Q_1=C_1\Delta V \,,\; Q_2=C_2\Delta V \,,\; Q_{total}=C_{eq}\,\Delta v$$

إذ أنّ: Q_{total} تمثل الشحنة الكلية للمجموعة.

C_{eq} تمثل السَعَة المكافئة التي تعمل عمل المجموعة المتوازية.

وحينئذٍ يمكننا اشتقاق السَعَة المكافئة C_{eq} لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوازي: بما أن مقدار الشحنة الكلية لمجموعة المتسعتين المربوطتين على التوازي Q_{total} يساوي المجموع الجبري لمقداري الشحنة على أي من صفيحتي كل منهما، فيكون:

$$Q_{total} = Q_1+Q_2 \quad \text{.......... 10.1}$$

وبتعويض العلاقة $(Q=C\Delta V)$ في العلاقة (10.1)

فيكون:

$$C_{eq}\,\Delta v = C_1\Delta v + C_2\Delta v$$

وبقسمة كل حدود العلاقة على Δv

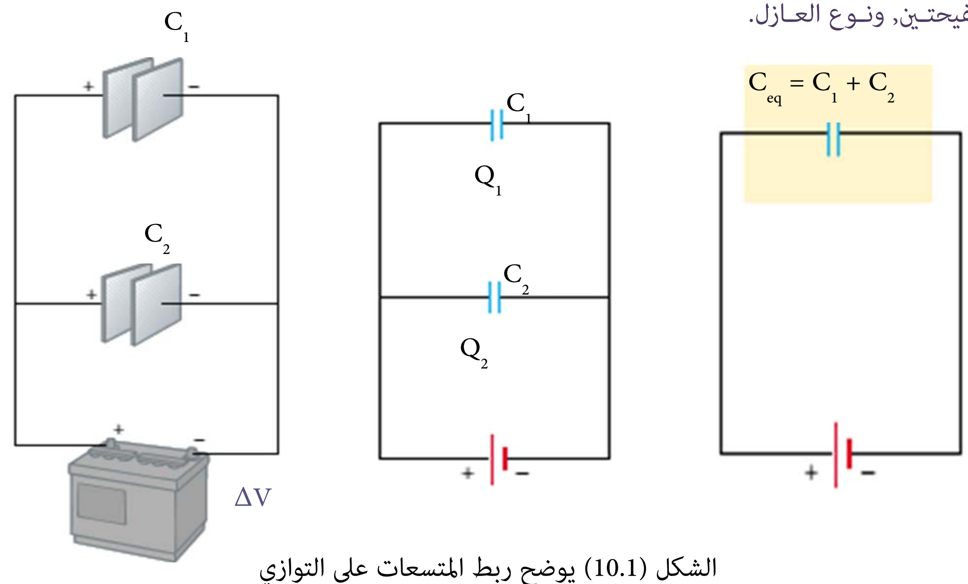
نحصل على

$$Q_{eq} = Q_1+ Q_2 \quad \text{.......... 11.1}$$

نستنتج من المعادلة (11.1) : يزداد مقدار السَعَة المكافئة لمجموعات المُتَّسَعَات المربوطة على التوازي.

وتفسير ذلك:

إن ربط المُتَّسَعَات على التوازي يعني زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المُتَّسَعَة المكافئة، فيزداد بذلك مقدار سَعَة المُتَّسَعَة المكافئة ويكون أكبر من أكبر سَعَة في المجموعة، على فرض ثبوت البعد بين الصفيحتين, ونوع العازل.



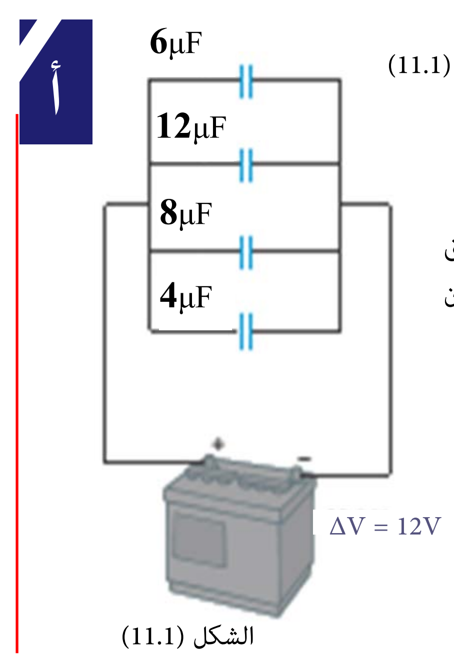
الشكل (10.1) يوضح ربط المتسعات على التوازي

Example 1.4   مثال 4.1

أربع مُتَّسَعَات سعاتها حسب الترتيب (6μF , 12μF , 8μF , 4μF) مربوطة مع بعضها على التوازي، ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) احسب مقدار:

1 . السَعَة المكافئة للمجموعة.   2 . الشحنة المختزنة في كل مُتَّسَعَة.

أ



الشكل (11.1)

الحل:

نرسم مخططاً لدائرة تبين ربط المُتَّسَعَات على التوازي كما في الشكل (11.1)

1 . نحسب السَعَة المكافئة للمجموعة على وفق العلاقة (12.1):

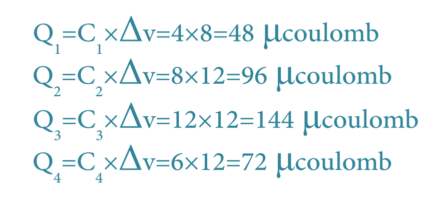
$$C_{eq}=C_1+C_2+C_3+C_4$$

$$C_{ew}=4+12+8+4$$

2. بما ان المُتَّسَعَات مربوطة مع بعضها على التوازي فإنّ فرق الجهد بين صفيحتي كل منها متساوٍ، ويساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية (12V).

$$\Delta v_{total}=\Delta v_1=\Delta v_2=\Delta v_3=\Delta v_4=\Delta v$$

حينئذٍ تكون الشحنة المختزنة في كل مُتَّسَعَة على الترتيب:



$$Q_1=C_1\times\Delta v=4\times8=48\ \mu coulomb$$

$$Q_2=C_2\times\Delta v=8\times12=96\ \mu coulomb$$

$$Q_3=C_3\times\Delta v=12\times12=144\ \mu coulomb$$

$$Q_4=C_4\times\Delta v=6\times12=72\ \mu coulomb$$

Quick Quiz | اختبار سريع 1.1

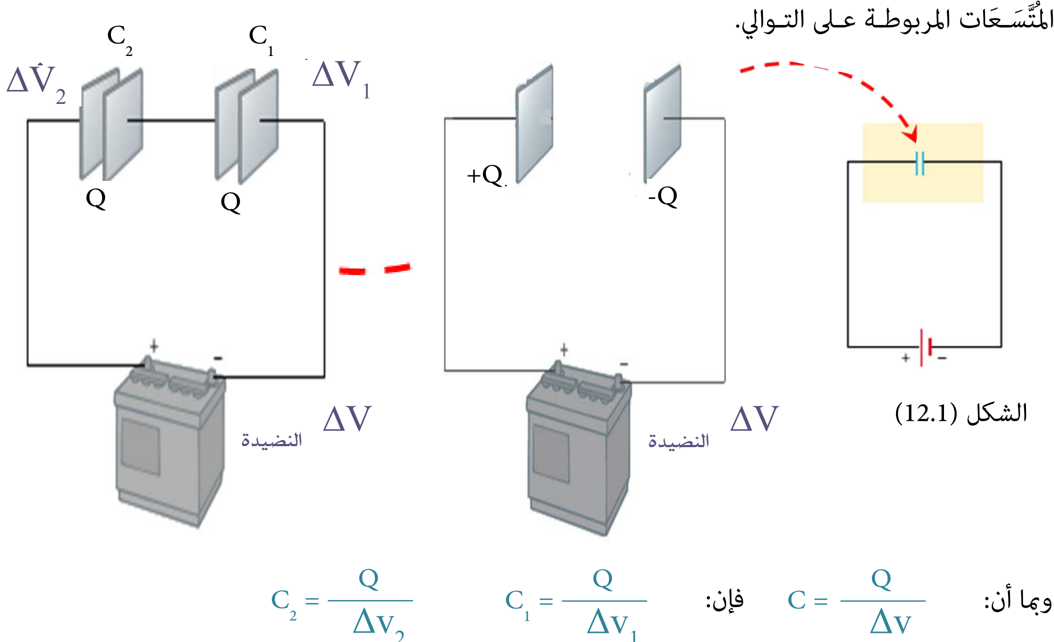
في المثال (4.1) ، احسب مقدار الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة مستخدماً العلاقات الرياضية الممكنة.

ب . ربط المتسعات على التوالي:

الشكل (12.1،أ) يوضح طريقة عملية لربط متسعتين Q_1 , Q_2 على التوالي وربط طرفي مجموعتهما بين قطبي بطارية فيكون مقدار الشحنة الكلية (Q_{total}) يساوي مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة. أي أنّ:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \quad (12.1)$$

وتفسير ذلك أن جهد الصفيحتين الوسطيتين متساو، فهما صفيحتان موصولتان مع بعضهما بسلك توصيل، لذا يمكن أن يعدان موصلاً واحداً فيكون سطحه هو سطح تساوي الجهد، تظهر عليهما شحنتان متساويتان مقداراً ومختلفان بالنوع بطريقة الحث، لاحظ الشكل (12.1، ب). لنتصور الآن أننا أبدلنا مجموعة المتسعتين بمُتَّسَعَة واحدة تعمل عمل المجموعة، ونطلق على سَعَة هذه المُتَّسَعَة بالسَعَة المكافئة C_{eq} لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوالي.



الشكل (12.1)

وبما أن: $C = \frac{Q}{\Delta v}$ فإن: $C_1 = \frac{Q}{\Delta v_1}$ $\quad C_2 = \frac{Q}{\Delta v_2}$

Q_{total} تمثل الشحنة الكلية للمجموعة وتساوي Q , C_{eq} تمثل السَعَة المكافئة للمجموعة. وحينئذٍ يمكننا اشتقاق السَعَة المكافئة C_{eq} لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوالي.بما أن مجموعة المُتَّسَعَات مربوطة بين قطبي البطارية. فيكون فرق الجهد الكلي للمجموعة يساوي مجموع فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة، أي أنّ:

$$\Delta v_{total} = \Delta v_1 + \Delta v_2 \quad (13.1)$$

فإن: $\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_1}$

وبالقسمة على (Q) نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} \quad (14.1)$$

نستنتج من ذلك: يقل مقدار السَعَة المكافئة لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوالي. ويكون أصغر من أصغر سَعَة من أية مُتَّسَعَة في المجموعة.

وتفسير ذلك:

أن ربط المُتَّسَعَات على التوالي يعني زيادة البعد بين صفيحتي المُتَّسَعَة المكافئة. على فرض ثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل.

تفكر

ما طريقة ربط مجموعة من المُتَّسَعَات؟

أ- لكي نحصل على سَعَة مكافئة المقدار يمكن بوساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ، إذ لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال مُتَّسَعَة واحدة.

ب- لكي يكون بالإمكان وضع فرق جهد كبير على طرفي المجموعة قد لا تتحمله المُتَّسَعَة المنفردة.

مثال 4.1 Example 4.1

ثلاث مُتَّسَعَات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعة كل منها حسب الترتيب ($6\mu F$, $9\mu F$, $18\mu F$) مربوطة مع بعضها على التوالي، شحنت المجموعة بشحنة كلية ($300\mu coulomb$) لاحظ الشكل (13.1) واحسب مقدار:

1 . السَعَة المكافئة للمجموعة. 2 . الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة.

3 . فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة.

4 . فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة.

أ

6 μF 9 μF 18 μF

+ ΔV -

الشكل (13.1)

الحل:

1 . بما أن مجموعة المُتَّسَعَات مربوطة مع بعضها على التوالي فإن سَعَتُها المكافئة تحسب من العلاقة (15.1):

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{3}$$

مقدار السعة المكافئة $C_{eq} = 3\mu F$

2 . بما أن المُتَّسَعَات مربوطة مع بعضها على التوالي فيكون مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة متساوٍ، ويساوي مقدار الشحنة الكلية للمجموعة:

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = 300\ \mu coulomb$$

3 . نحسب فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة:

$$\Delta v_{total} = Q_{total} / C_{eq}$$

$$\Delta v_{total} = 300 / 3 = 100V$$

4 . نحسب فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة:

$$\Delta v_1 = Q / C_1 = 300 / 6 = 50V$$

$$\Delta v_2 = Q / C_2 = 300 / 9 = (100/3)V$$

$$\Delta v_3 = Q / C_3 = 300 / 18 = (50/3)V$$

مثال 5.1 Example 1.5

من المعلومات المثبتة في الشكل (14.1، أ)، احسب مقدار:

1 . السَعَة المكافئة للمجموعة. 2 . الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة. 3 . الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة.

الحل:

1 . نحسب السَعَة المكافئة `C المكافئة للمتسعتين C_1 و C_2 المربوطتين على التوالي مع بعضهما:

$$\frac{1}{C`} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1}$$

$$\frac{1}{C`} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{5}{60} = \frac{1}{12} \quad C` = 12\ \mu F$$ فتكون

ثم نحسب السَعَة المكافئة الكلية C_{eq} لمجموعة التوازي `C ، C_3 في الشكل (14.1، ب) وهي السَعَة الكلية للمجموعة C لاحظ الشكل (13.1، ج)

$$C_{eq} = C` + C_3$$

$$C_{eq} = 12 + 18 = 30\ \mu F$$

2. لحساب الشحنة الكلية للمجموعة نطبق العلاقة (3.1):

$$Q_{total} = Q_{eq} \times \Delta V_{total}$$

$$Q_{total} = 30 \times 12 = 360 \mu coulmb$$

3. في الشكل (14.1، ب) نحسب فرق الجهد لمجموعة التوازي `C و C_3

$$\Delta v_{total} = \Delta v` + \Delta v_3 = 12V$$

ثم نحسب شحنة كل منهما:

$$Q` = C` \times \Delta V = 12 \times 12 = 144\ \mu coulomb = Q_1 = Q_2$$

$$Q_3 = C_3 \times \Delta V = 18 \times 12 = 216\ \mu coulomb$$

الشكل (14.1)

اختبار سريع 2.1 Quick Quiz

قـم بربـط تسـع متسـعات متماثلـة سـعة كل منها (10μF) جميعهـا مـع بعـض للحصـول علـى سـعة مكافئـة مقدارهـا (10μF). وضـح طريقـة ربـط هـذه المجموعـة مـن المتسـعات وارسـم مخططـاً تبـين فيـه ذلـك.

أهــداف الــدرس

الدرس الرابع : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يوضح مفهوم الطاقة الكهربائية.
- يستعمل العلاقة التي يمكن بها حساب مقدار الطاقة الكهربائية ووحدات القياس.
- يعدد أنواع المُتَّسَعَات وتطبيقاتها العملية.

8.1 الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي في المتسعة الكهربائي

من دراستك السابقة تعلم أن الشغل يساوي فرق الجهد ضرب الشحنة، إذ عند نقل كمية من الشحنات الكهربائية من موقع إلى آخر يتحتم إنجاز شغل على تلك الشحنات، ويختزن هذا الشغل بشكل طاقة كهربائية كامنة ($PE_{electric}$) في المجال الكهربائي بين الموقعين.

وإذا افترضنا وجود مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين غير مشحونة ،فان مقدار الشحنة على أي من صفيحتيها صفرا ($Q= 0$ Coulomb) وهذا يعني أن مقدار فرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين يساوي صفراً للمُتَّسَعَة غير المشحونة.

وبعد أن تشحن المُتَّسَعَة يتولد فرق جهد كهربائي (ΔV) بينهما، وبالاستمرار في شحن المُتَّسَعَة يزداد مقدار فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين.

يمكن حساب مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمُتَّسَعَة وذلك برسم مخطط بياني بين مقدار الشحنة (Q) المختزنة في أي من الصفيحتين وفرق الجهد الكهربائي (ΔV) بينهما، لاحظ الشكل (14.1) من خلال حساب مساحة المثلث (المنطقة المظللة تحت المنحني) والتي تساوي:

$$PE_{electric} = (\frac{1}{2})\ \Delta V \times Q$$

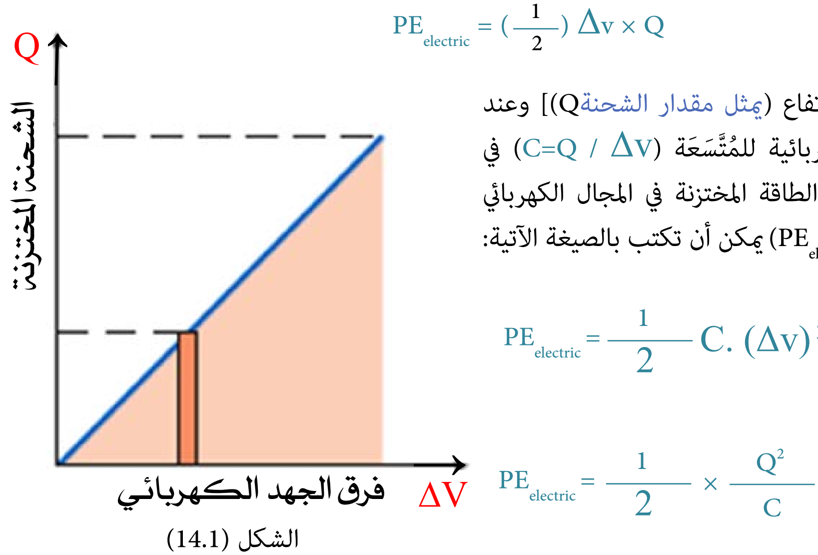
إذ أنّ:

[القاعدة(تمثلΔV) × الارتفاع (يمثل مقدار الشحنةQ)] وعند التعويض عن السَعَة الكهربائية للمُتَّسَعَة ($C=Q\ /\ \Delta V$) في العلاقة المذكورة آنفا فإن الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة ($PE_{electric}$) يمكن أن تكتب بالصيغة الآتية:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C.\ (\Delta V)^2 \quad \text{.......... 16.1}$$

أو تكتب بالشكل:

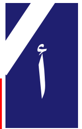
$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C} \quad \text{.......... 17.1}$$



الشكل (14.1)

Example 1.5   مثال 5.1

ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمُتَّسَعَة سَعَتُها (2μF) إذا شحنت لفرق جهد كهربائي 5000V، وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن (10μS)؟



الحل:

نطبق العلاقة (17.1):

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C. (\Delta v)^2$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} (2 \times 10^{-6}). (5000)^2 = 25j$$

ولحساب القدرة الكهربائية نطبق العلاقة الآتية:

$$Power\ (P) = \frac{PE_{electric}}{time\ (t)} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^{6}\ Watt$$

إضاءة

أن الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة في المثال السابق هي طاقة كبيرة. تكافئ الطاقة المختزنة في جسم كتلته (1kg) يسقط من ارتفاع (2.5m).

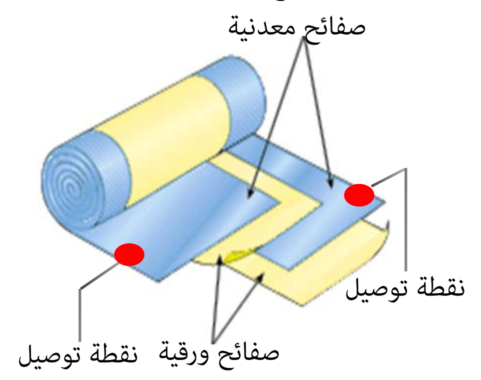
$PE= mgh = 1\times10\times2.5=25\ j$

مثل هذه المُتَّسَعَة تستعمل في أجهزة توليد الليزرات ذوات القدرة العالية.

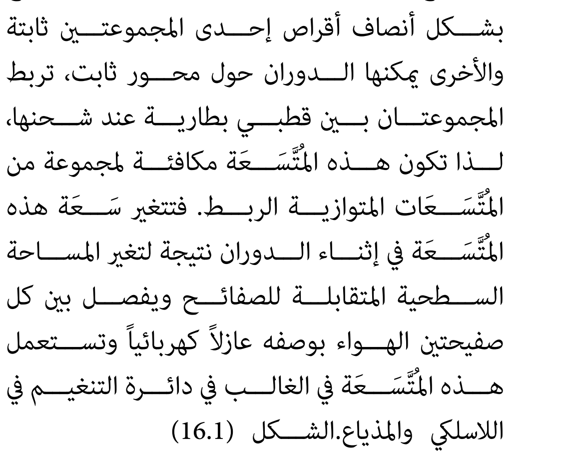
9.1 بعض انوع المتسعات   Typs of Capacitors

هنالك العديد من المُتَّسَعَات المتوافرة صناعيا وتكون مختلفة الأنواع والأحجام ومصنوعة من مواد مختلفة لكي تكون ملائمة لمختلف التطبيقات العملية . منها ما هو متغير السَعَة ومنها ثابت السَعَة.وقيم سَعَتُها تتراوح من (1pF إلى أكثر من 1F) ومن أمثلتها:

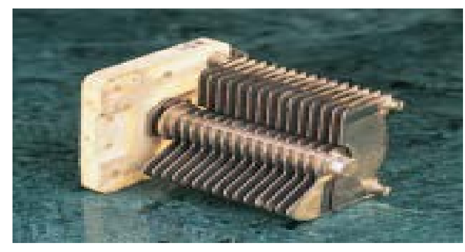
أ- المتسعة الورقية: وهي المُتَّسَعَة ذات الورق المشمع ويستعمل هذا النوع من المُتَّسَعَات في العديد من الأجهزة الكهربائية والإلكترونية، تمتاز بصغر حجمها، وكبر مساحة الصفائح. الشكل (15.1)



الشكل 15.1 متسعة متوازية عازلها ورق مشمع

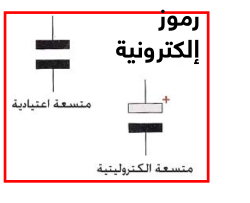


ب- المُتَّسَعَة المتغيرة السَعَة: وهي مُتَّسَعَة ذات صفائح دوارة تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل أنصاف أقراص إحدى المجموعتين ثابتة والأخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت، تربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها، لذا تكون هذه المُتَّسَعَة مكافئة لمجموعة من المُتَّسَعَات المتوازية الربط. فتتغير سَعَة هذه المُتَّسَعَة في إثناء الدوران نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ويفصل بين كل صفيحتين الهواء بوصفه عازلاً كهربائياً وتستعمل هذه المُتَّسَعَة في الغالب في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع.الشكل (16.1)



الشكل (16.1)

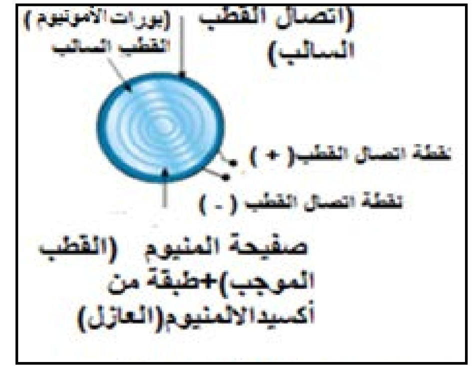






ج- المُتَّسَعَة الإلكتروليتية :

تتألف المُتَّسَعَة الإلكتروليتية من صفيحتين إحداهما من الألمنيوم والأخرى عجينة إلكتروليتية، وتتولد المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الألمنيوم والإلكتروليت (محلول بورات الأمونيوم) وتلف الصفائح بشكل أسطواني، لاحظ الشكل (17.1) تمتاز بأنها تتحمل فرق جهد كهربائي عال، وتوضع علامة على طرفيها للدلالة على قطبيتها، لغرض ربطها في الدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة.

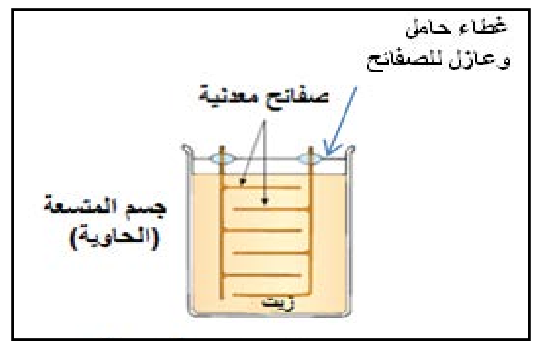


الشكل (17.1) مكونات المتسعة الإلكتروليتية

د- المُتَّسَعَة الزيتية (ذات الجهد العالي) High Voltage Capacitor :

وهذه المتسعة تكون عادة كبيرة السعة والحجم تزن بحدود الطن تستخدم في المنشآت المنتجة للطاقة الكهربائية بشكل تجاري.

تتكون من صفائح متعددة متوازية ومتشابكة يعزلها زيت ذو ثابت عزل عالٍ جداً كما يبينها الشكل (18.1)، وعادة ماتوضع في قفص حديدي مرتفع معزول.



الشكل (18.1) يبين مكونات المتسعة الزيتية

الجدول (1.1) يوضح خصائص بعض أنواع المُتَّسَعَات.

نوع المُتَّسَعَة	مدى المُتَّسَعَة	أقصى فرق جهد يمكن أن تعمل فيه المُتَّسَعَة
المايكا mica	1PF - 10nF	100V - 600V
السيراميك ceramic	10PF - 1µF	30V - 50kV
بوليستيرين polystyrene	10PF - 2.7µF	100V - 600V
بوليكاربونيت polycarbonate	100PF - 30µF	50V - 800V
تانتالوم tantalum	100nF - 500µF	6V - 100V
إلكتروليت (ألمنيوم) electrolyte	100nF - 2F	3V - 600V



أهــداف الــدرس

الدرس الخامس : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يوضح دائرة (RC - circuit).
- يفسر عمل الدائرة عند فتح وغلق الدائرة.
- يشرح التطبيقات العملية للمُتَّسَعَات.

9.1 دائرة تيار مستمر تتألف من مقاومة ومُتَّسَعَة (RC-circuit)

لقد درست سابقا الدوائر الكهربائية للتيار المستمر التي تحتوي مصدرا يجهزها بالفولتية (بطارية مثلاً) ومقاومة. يكون مقدار التيار في هذه الدوائر ثابتا (لا يتغير مع الزمن) لمدة زمنية معينة.لنفترض الآن دائرة تيار مستمر تحتوي مُتَّسَعَة, فضلاً عن وجود البطارية والمقاومة ،تسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المقاومة والمُتَّسَعَة (RC-circuit) يكون تيار هذه الدائرة متغيرا مع الزمن. وابسط هذه الدوائر العملية هي دوائر شحن وتفريغ المُتَّسَعَة، ولفهم كيف يتم شحن وتفريغ المُتَّسَعَة علينا إجراء النشاط الآتي:



نشاط - 1.1

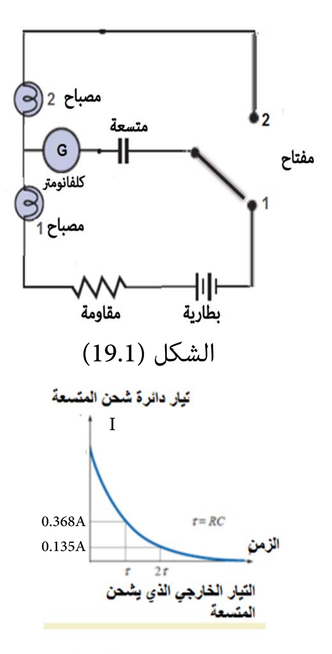
عملية شحن متسعة كهربائية وتفريغها.

أولاً: كيفية شحن

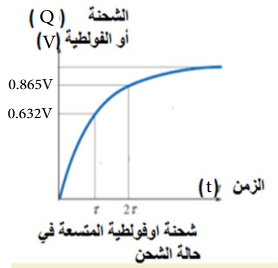
أدوات النشـاط: بطاريـة فولتيتهـا مناسـبة، كلفانوميـتر (G) صفـره في وسـط التدريـج، مُتَّسَـعَة (C) ذات الصفيحتـين المتوازيتـين، مفتـاح مـزدوج، مقاومـة ثابتـة (R)، مصباحـان متماثـلان (L_1 و L_2)، أسـلاك توصيـل.

خطوات النشاط:

نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل (19.1) إذ نجعل المفتاح في الموقع (1) لذا نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر (G) لحظياً على أحد جانبي صفر التدريجة (مثلا نحو اليمين) ثم يعود بسرعة إلى الصفر ونلاحظ في الوقت نفسه توهج المصباح L_1 بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ، وكأن البطارية غير مربوطة في الدائرة.



الشكل (19.1)



وفي هذه الحالة لا يتوافر فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفراً. لذا فإن وجود المُتَّسَعَة في دائرة التيار المستمر يعد مفتاحاً مفتوحاً.وقد وجد عملياً أن تيار الشحن (I) يبدأ بمقدار كبير لحظة إغلاق دائرة الشحن ومقداره يساوي:

$$I = \frac{\Delta v_{battery}}{R}$$

ويتناقص مقداره إلى الصفر بسرعة عند اكتمال شحنها.

إذ أنّ:

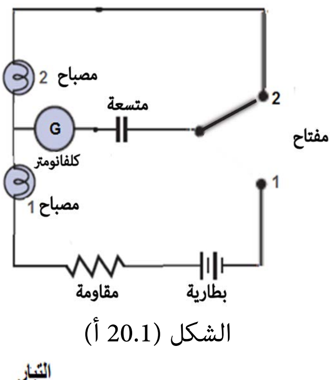
I: تيار الشحن، R: المقاومة في الدائرة $\Delta v_{battery}$: فرق جهد البطارية.

ثانياً: كيفية تفريغ

خطوات

نستعمل الدائرة الكهربائية المربوطة في النشاط السابق لاحظ الشكل (20.1 أ) ولكن نجعل المفتاح في الموقع (2) ماذا يعني هذا الترتيب للمفتاح؟

يعني ربط صفيحتي المُتَّسَعَة ببعضهما بسلك موصل. وبهذا تتم عملية تفريغ المُتَّسَعَة من شحنتها أي تتعادل شحنة صفيحتيها، لذا نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر (G) لحظياً إلى الجانب الآخر من صفر التدريجة (نحو اليسار) ثم يعود إلى الصفر بسرعة ونلاحظ توهج المصباح L_2 في الوقت نفسه بضوء ساطع للحظة ثم ينطفئ.



الشكل (20.1 أ)

نستنتج من النشاط: أن تياراً لحظياً قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيار التفريغ، يتلاشى تيار التفريغ بسرعة (يساوي صفراً) حينما لا يتوافر فرق جهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة

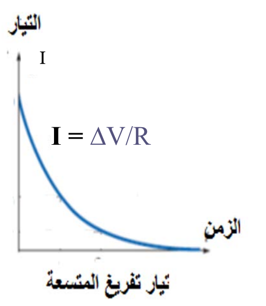
أي $\Delta v_{AB} = 0v$

المخطط البياني في الشكل (20.1 ب) يبين العلاقة بين تيار تفريغ المُتَّسَعَة والزمن المستغرق لتفريغها:

لقد وجد بالتجربة أن تيار التفريغ يبدأ بمقدار كبير

$$I = \frac{\Delta v_{AB}}{R}$$

لحظة اغلاق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المُتَّسَعَة ببعضهما بوساطة سلك موصل) ويهبط إلى الصفر بسرعة بعد اتمام عملية التفريغ.



الشكل (20.1 ب)

تفكر

المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد كمفتاح مفتوح

تذكر

1) تبقى صفيحتا المُتَّسَعَة مشحونتين لمدة زمنية معينة ما لم يتم وصلهما مع بعض بسلك موصل يؤدي إلى تفريغ المُتَّسَعَة حالاً من جميع شحنتها. فتسمى هذه العملية حينئذٍ بعملية تفريغ المُتَّسَعة. وهي معاكسة لعملية شحن المُتَّسَعَة.

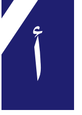
2) هناك ثابت زمني لكل دائرة RC قيمته=حاصل ضرب RC تستغل في صناعة بعض المؤقتات.

مثال 4.1 **Example 1.4**

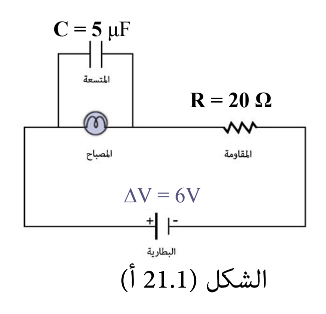
دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي على مصباح كهربائي مقاومته $(r=10\ \Omega)$، ومقاومة مقدارها $(R=20\Omega)$، وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها $\Delta v=6v$، ربطت في الدائرة مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين سَعَتُها $(5\mu F)$. ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة والطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي، لو ربطت المُتَّسَعَة

1 - على التوازي مع المصباح، لاحظ الشكل (21.1 أ).

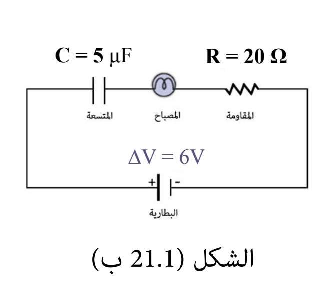
2 - على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها، (بعد فصل المُتَّسَعَة عن الدائرة الأولى وإفراغها من جميع شحنتها)، لاحظ الشكل (21.1ب)



الحل:



الشكل (21.1 أ)



الشكل (21.1 ب)

الدائرة الأولى: الشكل (20.1 أ) نحسب مقدار التيار في الدائرة:

$$I = \frac{\Delta V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{30} \longrightarrow I = 0.2\ A$$

ثم نحسب مقدار فرق الجهد بين طرفي المصباح $\Delta V = I \times r = 0.2 \times 10 = 2V$

وبما أن المُتَّسَعَة مربوطة مع المصباح على التوازي، فإن فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة $(\Delta V=2V)$

نحسب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة من العلاقة الآتية:

$$Q=C \times \Delta V$$

$$Q=5 \times 10^{-6} \times 2=10 \times 10^{-6} = 10\ \mu coulomb$$

ثم نحسب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمُتَّسَعَة بتطبيق العلاقة الآتية:

$$PE= 1/2\ C.(\Delta V)^2 \longrightarrow PE= 1/2 \times 5 \times 10^{-6} \times (2)^2 = 10 \times 10^{-6}\ J$$

الدائرة الثانية الشكل (1-21ب):

بما أن المُتَّسَعَة مربوطة على التوالي في دائرة التيار المستمر فإنها تقطع التيار في الدائرة (ي=0) بعد أن تشحن بكامل شحنتها (المُتَّسَعَة تعمل عمل مفتاح مفتوح في دائرة التيار المستمر) لذا يكون فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية وحينئذٍ تعد هذه الدائرة، دائرة مفتوحة، فيكون فرق جهد المُتَّسَعَة ($\Delta v = 6V$) وحينئذٍ تكون الشحنة، المختزنة في أي من صفيحتيها:

$$Q = C\times\Delta v \longrightarrow Q = 5\times10^{-6}\times6 = 30\ \mu coulomb$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة نطبق العلاقة الآتية:

$$PE= 1/2\ C.(\Delta v)^2 \longrightarrow PE= 1/2 \times 5 \times 10^{-6} \times (6)^2 = 90\times 10^{-6}\ J$$

أهم الاستخدامات العملية للمُتَّسَعَات

1 - هي جهاز معزز للطاقة الكهربائية (Booster) لجميع الأجهزة الكهربائية أو الإلكترونية بأنواعها المختلفة.

2 - لفصل الدوائر الكهربائية المستمرة عن الدوائر المتناوبة في الأماكن التي تعمل بشكل مشترك.

3 - خزن الطاقة الكهربائية لمدة طويلة.

4 - في التيار المتناوب يمكن الاستفادة من ثابت الزمن في عدة صناعات ومنها دائرة المؤقت.

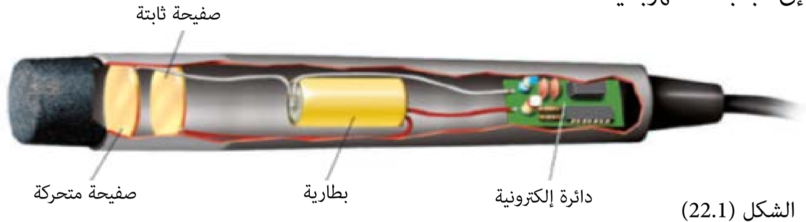
بعض التطبيقات العملية للمُتَّسَعَة

1 - المُتَّسَعَة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي أي آلة التصوير (الكاميرا) الشكل المجاور (بعد شحنها بوساطة البطارية الموضوعة في المنظومة). فهي تجهز المصباح بطاقة كافية لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في اثناء تفريغ المُتَّسَعَة من شحنتها.



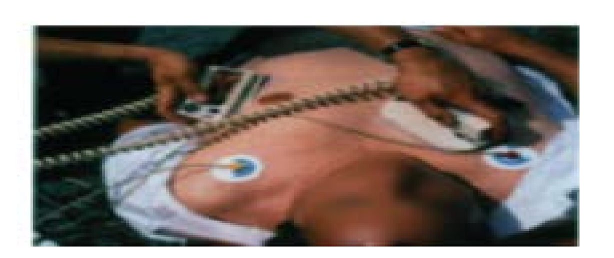
2 - المُتَّسَعَة الموضوعة في اللاقطة الصوتية (Microphone)

الشكل (22.1) إذ تكون إحدى صفيحتيها صلبة ثابتة, والأخرى مرنة حرة الحركة وتكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت، فالموجات الصوتية تتسبب في اهتزاز الصفيحة المرنة إلى الأمام والخلف فيتغير مقدار سَعَة المُتَّسَعَة تبعاً لتغير البعد بين صفيحتيها، وبتردد الموجات الصوتية نفسها وهذا يعني تحول الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية.



الشكل (22.1)

3 - المُتَّسَعَة الموضوعة في جهاز تحفيز حركة عضلات القلب وتنظيمها (The defibrillator) الشكل (23.1 أ) يعد من التطبيقات المهمة في الطب، إذ يستعمل هذا الجهاز لنقل مقادير مختلفة ومحددة من الطاقة الكهربائية إلى المريض الذي يعاني من اضطرابات في حركة عضلات قلبه، حينما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم، فيلجأ الطبيب إلى استعمال صدمة كهربائية (Electric Shock) قوية، الشكل (23.1 ب) تحفز قلبه وتعيد انتظام عمله، فالمُتَّسَعَة المشحونة والموجودة في الجهاز (Defibrillator)، تفرغ طاقتها المختزنة التي تتراوح بين (10J - 360J) في جسم المريض لمدة زمنية قصيرة جداً.



الشكل (23.1 ب)



الشكل (23.1 أ)

4 - المُتَّسَعَة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب: توضع مُتَّسَعَة تحت كل حرف من الحروف في لوحة المفاتيح (key board) لاحظ الشكل المجاور، إذ يثبت كل مفتاح بصفيحة متحركة تمثل إحدى صفيحتي المُتَّسَعَة والصفيحة الأخرى مثبتة في قاعدة المفتاح، وعند الضغط على المفتاح يقل البعد الفاصل بين صفيحتي المُتَّسَعَة فتزداد سَعَتُها وهذا يجعل الدوائر الإلكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه.



إضاءة

إن المُتَّسَعَات بصورة عامة في جميع الدوائر الإلكترونية سواء دوائر صغيرة أم كبيرة مهما كانت ...، تعمل عمل معزز للدائرة الإلكترونية (Booster) تعزز التيار والطاقة في الدوائر الإلكترونية والكهربائية.

تذكر

تبرز الفائدة من استعمال المُتَّسَعَة في التطبيقات العملية بصورة رئيسة، مقدرتها على تخزين مقادير كبيرة جداً من الطاقة الكهربائية. وإمكانية تفريغ هذه الطاقة بسرعة كبيرة جداً وبكميات هائلة حين الحاجة اليها، كما عرفنا ذلك في المُتَّسَعَة المشحونة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير والمُتَّسَعَة الموضوعة في جهاز تنظيم حركة عضلات القلب (The defibrillator).

هل تعلم

من التطبيقات العملية والصناعية الحديثة للمُتَّسَعَات هو استعمالها في شاشات اللمس في جهاز الهاتف النقال (iphone) وجهاز (ipad) والحاسوب وغيرها. إذ حين ملامسة الأصبع لشاشة جهاز الهاتف النقال الذي يسمى (iphone) تتغير سَعَة المُتَّسَعَة في الجزء المطلوب الكشف عنه.



- تتركب المُتَّسَعَة من صفيحتين متوازيتين من مادة موصلة يفصل بينهما عازل وهي على إشكال مختلفة تستخدم في خزن الشحنات الكهربائية.

- سَعَة المُتَّسَعَة بوجود الهواء بين لوحيها هي:- $C = \frac{\varepsilon_\circ . A}{d}$

- العوامل التي تعتمد عليها سَعَة المُتَّسَعَة هي مساحة اللوحين المتوازيين المتقابلين والمسافة بينهما ونوع العازل بين اللوحين.

- سَعَة المُتَّسَعَة بوجود عازل بين لوحيها هي:- $C_K = K \frac{\varepsilon_\circ . A}{d}$ أو $C_K = K . C$

- يمكن ربط المُتَّسَعَات بطرق مختلفة للحصول على مُتَّسَعَة ذات سَعَة مناسبة ، اخذين بعين الاعتبار مواصفات المتسعات من حيث تحمل العازل وفرق الجهد التي تعمل به المتسعات ودرجة الحرارة .

- الطاقة الكهربائية المخزونة في المُتَّسَعَة يمكن حساب مقدارها بهذه القوانين:

$$PE_{el} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad \text{أو} \quad PE_{el} = \frac{1}{2} C \, \Delta V^2 \quad \text{أو} \quad PE_{el} = (1/2) \Delta V . Q$$

- هناك بعض التطبيقات العملية للمُتَّسَعَة منها.
1 -المُتَّسَعَة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي أي آلة التصوير.
2 - المُتَّسَعَة الموضوعة في لاقطة الصوت.
3 - المُتَّسَعَة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب.
4 - المُتَّسَعَة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب.
5 - المُتَّسَعَة المستعملة في دوائر التقويم لتنظيم التيار.

1 اسئــلة الوحــدة

س1 / اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1 - مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، مشحونة ومفصولة عن البطارية، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها. أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها K=2 ملأت الحيز بين الصفيحتين فإن مقدار المجال الكهربائي (E_K) بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره (E) في حالة الهواء، يصير:

أ) E/4.　　ب) 2E.　　ج) E.　　د) E/2.

2 - وحدة (Farad) تستعمل لقياس سَعَة المُتَّسَعَة, وهي لا تكافئ إحدى الوحدات الآتية:

أ) $Coulomb^2/J$.　　ب) Coulomb/V　　ج) $Coulomb \times V^2$　　د) J/V^2

3 - مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، سَعَتُها (C) قُرّبت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما ($\frac{1}{3}$) ما كان عليه، فإن مقدار سَعَتُها الجديدة يساوي:

أ) ($\frac{1}{3}$C).　　ب) ($\frac{1}{9}$C).　　ج) (3C).　　د) (9C).

4 - مُتَّسَعَة سَعَتُها (20μF)، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها (2.5J) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي:

أ) (150V).　　ب) (350V).　　ج) (500V).　　د) (250KV).

5 - مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، سَعَتُها (50μF)، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها، إذا أدخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سَعَتُها بمقدار (60μF)، فإن ثابت عزل تلك المادة يساوي:

أ) 0.45.　　ب) 0.55.　　ج) 1.1.　　د) 2.2.

6 - وأنت في المختبر تحتاج إلى مُتَّسَعَة سَعَتُها (10μF) والمتوافر لديك مجموعة من المُتَّسَعَات المتماثلة من ذوات السَعَة (15μF)، فإن عدد المُتَّسَعَات التي تحتاجها وطريقة الربط التي تختارها:

أ) (العدد 4) تربط جميعها على التوالي.

ب) (العدد 6) تربط جميعا على التوازي.

ج) (العدد3) اثنان منها تربط على التوالي ومجموعتهما تربط مع الثالثة على التوازي.

د) (العدد3) اثنان منها تربط على التوازي ومجموعتهما تربط مع الثالثة على التوالي.

7 - مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت، فإذا أبعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلاً, مع بقاء البطارية موصولة بهما, فإن مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين:

أ)يزداد والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد.

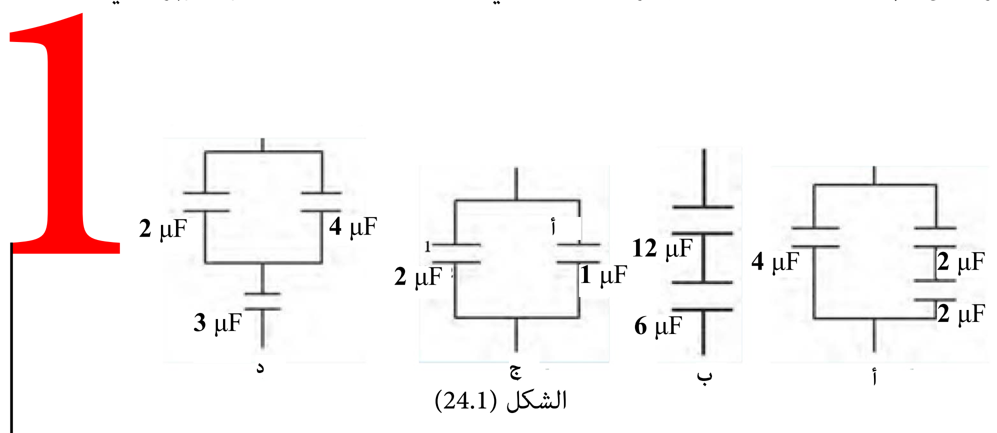
ب)يقل والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تقل.

ج)يبقى ثابت والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تبقى ثابتة.

د)يبقى ثابت والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد.

1

8 - للحصول على أكبر مقدار سَعَة مكافئة لمجموعة المُتَّسَعَات في الشكل (24.1) نختار الدائرة المربوطة في الشكل:



الشكل (24.1)

9 - المتسعتان (C_1، C_2) ربطتا مع بعضهما على التوالي، ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية، وكان مقدار سَعَة الأولى أكبر من مقدار سَعَة الثانية، وحين مقارنة فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة الأولى (Δv_1) مع فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة الثانية (Δv_2) نجد أن:

أ) (Δv_1) أكبر من (Δv_2) ب) (Δv_1) أصغر من (Δv_2) ج) (Δv_1) يساوي (Δv_2)

د) كل الاحتمالات السابقة، بحسب شحنة كل منها

10 - ثلاث مُتَّسَعَات (C_1، C_2، C_3) مربوطة مع بعضها على التوازي ومجموعتها ربطت بين قطبي بطارية، كان مقدار سَعَاتُها ($C_1 > C_2 > C_3$) وحين مقارنة مقدار الشحنات (Q_1، Q_2، Q_3) المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة، نجد أن:

أ) ($Q_3 > Q_2 > Q_1$). ب) ($Q_1 > Q_3 > Q_2$). ج) ($Q_1 > Q_2 > Q_3$). د) ($Q_3 = Q_2 = Q_1$).

س2 / حين مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي مُتَّسَعَة ذات سَعَة ثابتة، وضح ماذا يحصل لمقدار كل من:

أ) الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها؟

ب) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها؟

س3 / مُتَّسَعَة مشحونة، فرق الجهد بين صفيحتيها عالٍ جداً (وهي مفصولة عن مصدر الفولتية). تكون مثل هذه المُتَّسَعَة ولمدة زمنية طويلة خطرة عند لمس صفيحتيها باليد مباشرة. ما تفسيرك لذلك؟ اذكر الإجراء اللازم اتخاذه لكي تتمكن من تلمس هذه المُتَّسَعَة بيدك مباشرة وبأمان.

س4/ لديك ثلاث مُتَّسَعَات متماثلة سَعَة كل منهما (C) ومصدراً للفولتية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار. ارسم مخططاً لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقة المناسبة لربط المُتَّسَعَات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على أكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن خزنه في المجموعة. ثم اثبت أن الترتيب الذي تختاره هو الأفضل.

س5/ ثلاث مُتَّسَعَات متساوية السَعَة, لكل منها لوحين متوازيين مساحة إحداهما (A) والبعد بين اللوحين (d) . اثبت أن السَعَة المكافئة للمجموعة:

أ) على التوالي $C_{eq} = \varepsilon_o A/3d$

ب) على التوازي $C_{eq} = \varepsilon_o 3A/d$

وماذا تستنتج من النتيجتين؟

1

س6/ هـل المُتَّسَعَات المؤلفـة للمُتَّسَـعَة متغـيرة السَـعَة ذات الصفائـح الـدوارة الموضحـة في الشـكل (25.1)تكـون مربوطـة مـع بعضهـا عـلى التـوالي؟ أم عـلى التـوازي؟ وضـح ذلـك.



الشكل (25.1)

س 7 / ربطـت المُتَّسَـعَة (C_1) بـين قطبـي بطاريـة, وضـح مـاذا يحصـل؟ لمقـدار كل مـن فـرق الجهـد بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة (C_1) والشـحنة المختزنـة فيهـا لـو ربطـت مُتَّسَـعَة أخـرى (C_2) غـير مشـحونة مـع المُتَّسَـعَة (C_1) (مـع بقـاء البطاريـة مربوطـة في الدائـرة) وكانـت طريقـة الربـط:

أ) على التوازي مع (C_1). ب) على التوالي مع (C_1).

س8/

أ) اذكر ثلاثة تطبيقات عملية للمُتَّسَعَة، موضحاً الفائدة العملية من استعمال تلك المُتَّسَعَة في كل تطبيق.

ب) مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية، لو مليء الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلاً من الهواء، فإن مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض. ما تعليل ذلك؟

ج) اذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائيا تملأ الحيز بين صفيحتي مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلاً من الهواء؟

د) ما العامل الذي يتغير في المُتَّسَعَة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب اثناء استعمالها؟

هـ) ما مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة للجهاز الطبي (The defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز وإعادة انتظام عمل قلب المريض؟

و) ما التفسير الفيزيائي لكل من:

1 -ازدياد مقدار السَعَة المكافئة لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوازي؟

2 -نقصان مقدار السَعَة المكافئة لمجموعة المُتَّسَعَات المربوطة على التوالي؟

ز) لو صممت المُتَّسَعَة لحالة ما مطلوب أن تكون ذات حجم صغير وسَعَة كبيرة. فما العوامل المهمة في تصميمك؟

س9/

ماهي أهم مواصفات المتسعات التالية:

أ) المتسعة الورقية

ب) المتسعة الزيتية

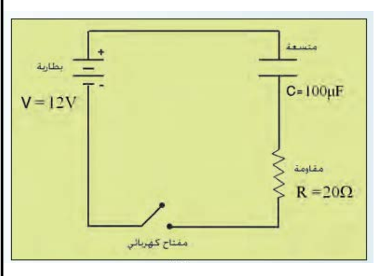
ج) المتسعة الالكتروليتية

1 مسائـــل الوحـــــدة

س1 / من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل (26.1) احسب:

1 -المقدار الأعظم لتيار الشحن، لحظة اغلاق المفتاح.

2 -مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن).



الشكل (26.1)

3 -الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة.

4 -الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة.

س2 / مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين سَعَتُها ($4\mu F$) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20V$):

1 -ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المُتَّسَعَة.

2 -إذا فصلت المُتَّسَعَة عن البطارية وادخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها إلى ($10V$) فما مقدار ثابت العزل للوح العازل؟ وما مقدار سَعَة المُتَّسَعَة في حالة العازل بين صفيحتيها.

س3 / مُتَّسَعَة هوائية (الهواء عازل بين لوحيها) تحمل شحنة مقدارها ($28nC$) حينما تكون تحت فرق جهد (V_o). وحينما يمتلئ الحيز بين اللوحين لسائل ما، فإن الشحنة تزداد حتى تبلغ ($52nC$) والمُتَّسَعَة ما تزال تحت نفس فرق الجهد. ما مقدار ثابت العزل للسائل.

س4/ متسعتان {$C_1 = 9\mu F \quad C_2 = 18\mu F$} من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها ($12V$).

1 -احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة والطاقة المختزنة فيها.

2 -ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المُتَّسَعَة (C_1) (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة)، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد إدخال العازل.

س5/ متسعتان {$C_1 = 4\mu F \quad C_2 = 8\mu F$ } مربوطتان مع بعضهما على التوازي، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية ($600\mu coulomb$) بوساطة مصدر للفولتية المستمرة ثم فصلت عنه.

1 -احسب لكل مُتَّسَعَة مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

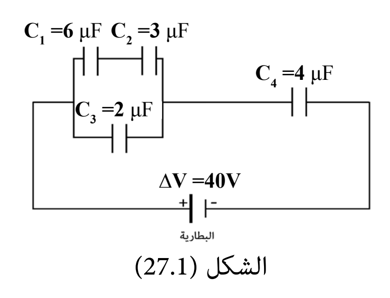
2 -ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المُتَّسَعَة الثانية، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة وفرق جهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل مُتَّسَعَة بعد ادخال العزل؟

س6/ اربع مُتَّسَعَات ربطت مع بعضها كما في الشكل (27.1) احسب مقدار:

1 -السَعَة المكافئة للمجموعة.

2 -الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل مُتَّسَعَة.

3 -الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة (C_4).



الشكل (27.1)

س7/ مُتَّسَعَة سَعَتُها ($2\mu F$) البعد بين لوحيها (0.1mm) مشحونة وشدة المجال بين صفيحتيها ($10^6 N/c$) ربطت على التوازي مع مُتَّسَعَة أخرى غير مشحونة سَعَتُها ($8\mu F$) احسب شحنة كل مُتَّسَعَة بعد الربط وفرق جهدها. إذا استبدل الهواء بين لوحي المُتَّسَعَة الأولى بعازل أصبحت شحنة المُتَّسَعَة الثانية ($80\mu F$) احسب ثابت العزل, وشدة المجال الذي سببه العازل.

س8/ مُتَّسَعَة ذات لوحين موصلين متوازيين يملؤها الهواء, مساحة لوحيها المتقابلين ($20cm^2$), شحنت بشحنة مقدارها (100pC). احسب مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحيها. علماً أن سماحية الفراغ الكهربائية $\frac{8.85 \times 10^{-12}\ C^2}{N.m^2}$.

أ ب ج د



- المجالات المغناطيسية يمكن انتاجها بطرائق مختلفة, هل يمكنك تحديدها؟
- هل سمعت أو رأيت الشفق القطبي الذي يتكون في القطب المنجمد الشمالي أو الجنوبي؟ هل حاولت تفسير حدوثه وكيف تكونت ألوان طيفه الجميلة؟
- لديك سلك موصل ينساب فيه تيار كهربائي, ما الفرق برأيك بين وضعه بشكل مستقيم مرة وبشكل ملف مرة أخرى على مقدار التيار المنساب؟
- حين تشغيلك المولد الكهربائي في بيتك وربطه بدائرة أحمال البيت الكهربائية تلحظ زيادة الجهد الميكانيكي على محرك المولد الكهربائي. هل تساءلت عن سبب ذلك؟
- حين معايرتك لشمعات القدح في محرك سيارتك وهي تعمل, قد تتعرض لصعقة كهربائية شديدة جداً يصل جهدها الكهربائي إلى آلاف الفولطات, هل تساءلت عن كيفية توليد
- هذا الجهد الكهربائي الهائل من نضيدة جهدها الكهربائي لا يتعدى ١٢ فل.

الوحدة 2

الحث الكهرومغناطيسي

مفردات الوحدة

الأهداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يُعَرِّفُ مفهوم المغناطيسية.
- يُوَضِّحُ تأثير كل من المجال الكهربائي والمغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله.
- يُفَسِّرُ ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي.
- يَذْكُرُ اكتشاف فاراداي.
- يَشْرَحُ كيفية الحصول على قوة دافعة كهربائية حركية.
- يُعَرِّفُ الفيض المغناطيسي.
- يُعَرِّفُ قانون لنز والفائدة العملية من تطبيقه.
- يَشْرَحُ عمل المولد الكهربائي.
- يُقَارِنُ بين مولد التيار المتناوب ومولد التيار المستمر.
- يَشْرَحُ بتجربة كيفية توليد القوة الدافعة الكهربائية الذاتية على طرفي ملف.

الرمز والمصطلح العلمي



ScientificTerms	المصطلحات العلمية
Electromotive Force	القوة الدافعة الكهربائية
Magnetic Flux	الفيض المغناطيسي
Eddy Currents	التيارات الدوامة
Lenz's Law	قانون لنز
Electric Motor	المحرك الكهربائي
Induced Electric Fields	المجالات الكهربائية المحتثة
Mutual Induction	الحث المتبادل
Metal Detectors	كاشفات المعادن
Moving Charges	الشحنات المتحركة
Lorentz Force	قوة لورنز
Faraday's Discovery	اكتشاف فرادای

الكميـــات الفيزيائـــية الـــواردة فـي الـــوحدة ورمـــــوزها

Quantities	ا لر مــز ا لعا لمــي	الكمية الفيزيائية
Electric Force	F_E	القوة الكهربائية
Electric field	E	المجال الكهربائي
Magnetic Force	F_B	القوة المغناطيسية
Magnetic Flux density	B	كثافة الفيض المغناطيسي
Magnetic Flux	ΦB	الفيض المغناطيسي
Motional emf	$\varepsilon_{motional}$	القوة الدافعة الكهربائية الحركية
Induced Electromotive Force	ε_{ind}	القوة الدافعة الكهربائية المحتثة
power	p	القدرة
number of turn	N	عدد اللفات
friquancy	f	التردد
per wed	ω	التردد الزاوي
voltage apply	$V_{applied}$	الفولتية المطبقة
Self – Inductance	L	معامل الحث الذاتي
Mutual Induction	M	معامل الحث المتبادل
potential electric energy	$PE_{electric}$	الطاقة الكامنة الكهربائية
Potantial magnetic Energy	$PE_{magnatic}$	الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي



2 الحث الكهرومغناطيسي

Electromagnetic induction

أهداف الدرس

الدرس الأول : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يُوضّح تأثير كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله.
- يُحَدّد اتجاه القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة داخل مجال كهربائي أو مغناطيسي على الترتيب.
- يُعَبّر بعلاقة رياضية تأثير شحنة متحركة داخل مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين (قوة لورنز).
- يُحَدّد اتجاه قوة لورنز.

1. 2 مُقَدَّمَة في Introdaction

تعلمت في دراستك السابقة أن المغناطيسية واحدة من الموضوعات الأكثر أهمية في الفيزياء. إذ يستعمل المغناطيس الكهربائي في رفع كتل الحديد الثقيلة وفي معظم الأجهزة الكهربائية مثل (المولد، المحرك، مولدة الصوت، المسجل الصوتي والصوري، الحاسوب، الرنين المغناطيسي, وفي تسيير القطارات فائقة السرعة........) الشكل (1.2).

وقد عرفت كذلك أن المجالات المغناطيسية تتولد حول الشحنات الكهربائية المتحركة زيادة على تولدها حول المغانط الدائمة.

الشكل (1.2) يبين بعض تطبيقات المجال المغناطيسي

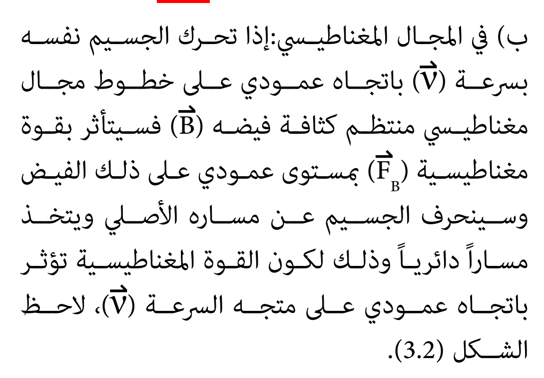
لـو تحـرك جسـيم مشـحون داخـل مجـال كهربـائي منتظـم تـارة وتحـرك الجسـيم نفسـه داخـل مجـال مغناطيـسي منتظـم تـارة أخـرى، هـل تتوقع أن يكـون لـكل مـن المجالـين التأثـير نفسـه في ذلـك الجسـيم؟ ومـاذا يحصـل لـو تحـرك هـذا الجسـيم داخـل المجالـين في آن واحـد؟

أ) في المجـال الكهربـائي: إذا تحـرك جسـيم مشـحون بشـحنة موجبـة (Q+) باتجـاه عمـودي عـلى خطـوط مجـال كهربـائي ($\vec{E}$) منتظـم، فـإن هـذا الجسـيم سـيتأثر بقـوة كهربائيـة ($\vec{F}_E$) بمسـتوٍ مـوازٍ لخطـوط المجـال الكهربـائي، لاحـظ الشـكل (2.2) الـذي يوضـح القـوة الكهربائيـة التـي تعطـى بالعلاقـة الآتيـة:

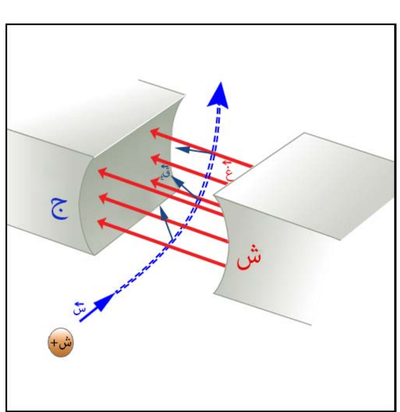
الشكل (2.2)



$$\vec{F}_E = q\,\vec{E} \quad \text{.......... } 1.2$$



ب) في المجـال المغناطيـسي:إذا تحـرك الجسـيم نفسـه بسرعـة ($\vec{V}$) باتجـاه عمـودي عـلى خطـوط مجـال مغناطيـسي منتظـم كثافـة فيضـه ($\vec{B}$) فسـيتأثر بقـوة مغناطيسـية ($\vec{F}_B$) بمسـتوى عمـودي عـلى ذلـك الفيـض وسـينحرف الجسـيم عـن مسـاره الأصـلي ويتخـذ مسـاراً دائريـاً وذلـك لكـون القـوة المغناطيسـية تؤثـر باتجـاه عمـودي عـلى متجـه السرعـة ($\vec{V}$)، لاحـظ الشـكل (3.2).

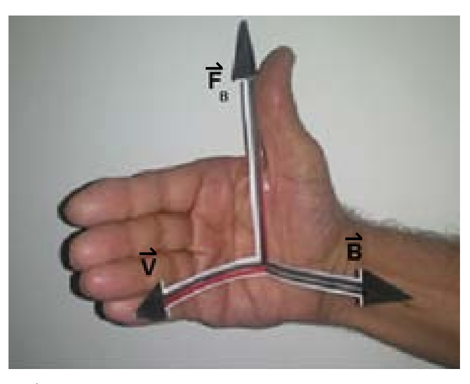


الشكل (3.2)

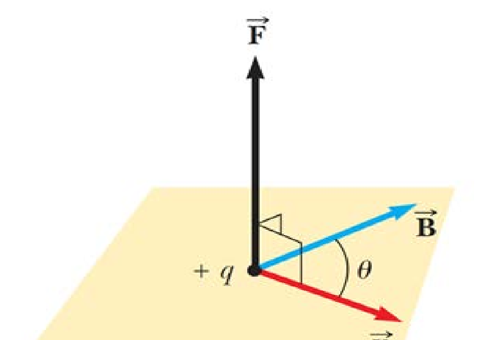
والصيغـة الاتجاهيـة للقـوة المغناطيسـية هـذه تعطـى بالعلاقـة الآتيـة:

$$\vec{F}_B = q(\vec{V} \times \vec{B})$$

ولتعيـين اتجـاه القـوة المغناطيسـية ($\vec{F}_B$) نطبـق قاعـدة الكـف اليمنـى، لاحـظ الشـكل (4.2أ) (يكـون اتجـاه المجـال المغناطيـسي($\vec{B}$) مـن وسـط الكـف اليمنـى باتجـاه السـاعد، ويكـون اتجـاه السرعـة ($\vec{V}$) باتجـاه التفـاف أصابـع الكـف اليمنـى نحـو اتجـاه المجـال المغناطيسي ($\vec{B}$) فيشـير الإبهـام إلى اتجـاه القـوة ($\vec{F}_B$) الناتجـة. فالقـوة المغناطيسـية ($\vec{F}_B$) تؤثـر دائمًا في اتجـاه عمـودي عـلى المسـتوي الـذي يحتـوي كل مـن (V ، B)



الشكل (4.2أ)



الشكل (4.2ب)

ويكون تأثير القوة المغناطيسية في الشحنة السالبة المتحركة في المجال المغناطيسي معاكساً لاتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة الموجبة.

ولحساب مقدار القوة المغناطيسية (F_B). نطبق العلاقة الآتية:

$$\vec{F}_B = q\vec{V}\vec{B}\sin(\theta) \quad \text{.......... } 2.2$$

إذ أن (θ) تمثل الزاوية بين متجه السرعة ($\vec{V}$) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$)

مسار شحنة في مجال مغناطيسي عمودي

الشكل (4.2ج)

من العلاقة آنفة الذكر نجد أن وحدات كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) في النظام الدولي للوحدات (SI) هي: (N /A.m) تسمى (Tesla) ويرمز لها (T)

فإذا كان متجه ($\vec{V}$) موازياً لمتجه ($\vec{B}$)، تكون الزاوية $\theta = 0°$ فيكون $\sin 0° = 0$

وحينئذٍ لا تتولد قوة مغناطيسية، إذ تكون $F_B = 0$.

*ولنفترض وجود منطقة يؤثر فيها كل من مجال كهربائي ($\vec{E}$) منتظم ومجال مغناطيسي كثافة فيضه ($\vec{B}$) منتظمة، وفي المدة الزمنية نفسها، وعلى فرض أن المجالين متعامدان مع بعضهما مثلا فالمجال الكهربائي يؤثر في مستوى هذه الصفحة والمجال المغناطيسي يؤثر عموديا في مستوى الصفحة نحو الداخل (مبتعداً عن القارئ يمثله الرمز (×))، لاحظ الشكل (5.2).

فحين يقذف جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) بسرعة ($\vec{V}$) في مستوى الصفحة باتجاه عمودي على كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي سيتأثر بقوتين إحداهما قوة كهربائية ($\vec{F}_E$) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي ($\vec{E}$) ، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\vec{F}_E = q\vec{E}$$

F_B

F_E

الشكل (5.2)

والأخرى قوة مغناطيسية ($\vec{F}_B$) يؤثر فيها المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) وتعطى بالعلاقة الآتية:

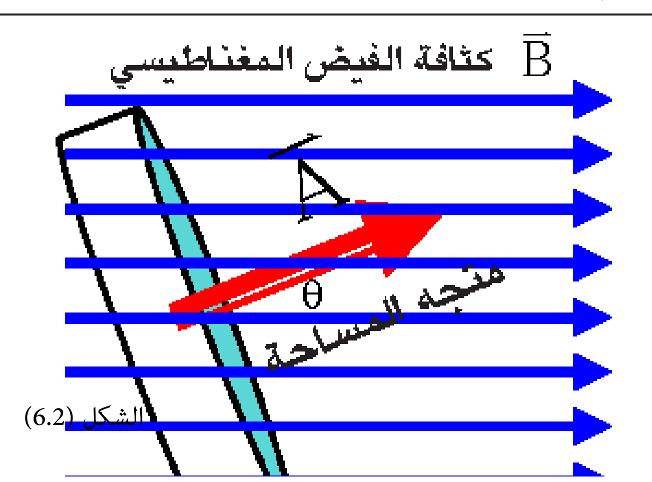
$$\vec{F}_B = q(\vec{V} \times \vec{B})$$

وبما أن القوة المغناطيسية ($\vec{F}_B$) تكون عمودية على كل من ($\vec{V}$) ، ($\vec{B}$) فهي إما أن تكون باتجاه القوة الكهربائية ($\vec{F}_E$) أو باتجاه معاكس لها، لاحظ الشكل (5.2).

إن محصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز (Lorentz Force) وتعطى قوة لورنز بالعلاقة الآتية:

$$\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B \quad \text{.................. } 3.2$$

تستثمر قوة لورنز في عدد من التطبيقات العملية ومن أمثلتها أنبوبة الأشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحزمة الإلكترونية الساقطة على الشاشة، لاحظ الشكل (6.2) الذي يوضح مسار حزمة إلكترونية يؤثر فيها مجالان كهربائي منتظم ومغناطيسي منتظم متعامدان. والذي طور الى اختراع الراسمة الكاثودية (ossciliscope) وفي جهاز فصل النظائر (mass spectrometer) إذ تطلق الأيونات بسرعة معينة وتدخل في مجال مغناطيسي منتظم بصورة عمودية وتفصل بسبب الاختلاف في كتلها، وفي جهاز التلفاز .



الشكل (6.2)

إضاءة

إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة باتجاه عمودي على:

*فيض كهربائي منتظم سيتأثر الجسيم بقوة كهربائية $\vec{F}_E = q\vec{E}$ بمستوٍ موازٍ للفيض الكهربائي.

*فيض مغناطيسي منتظم سيتأثر الجسيم بقوة مغناطيسية $\vec{F}_B = q(\vec{V} \times \vec{B})$ بمستوٍ عمودي على الفيض المغناطيسي.

*فيض كهربائي منتظم وفيض مغناطيسي منتظم في آن واحد ومتعامدان مع بعضهما سيتأثر الجسيم بمحصلة القوتين $(\vec{F}_E , \vec{F}_B)$ التي تسمى قوة لورنز. يكون متجه القوة المغناطيسية $(\vec{F}_B)$ معاكساً لمتجه القوة الكهربائية $(\vec{F}_E)$ أو بالاتجاه نفسه وعلى خط فعل مشترك. $\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$

مثال 1.2 — Example 2.1

أ- ما هي القوة المؤثرة في أيون كربون مفرد كتلته $(19.9 \times 10^{-27}\ kg)$ يتحرك بسرعة قدرها $(3 \times 10^5\ m/s)$ عمودياً على مجال مغناطيسي كثافته (7500 G)؟

ب- ما التعجيل المركزي للأيون؟ ج- ما هو نصف قطر الدائرة التي يتحرك الأيون عبرها؟

الحل:

أ – شحنة الأيون = عدد الالكترونات المكتسبة او المفقودة × شحنة الالكترون

$$q_e = q = e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$F = qVB = (1.6 \times 10^{-19}\ C)\ (3 \times 10^5 m/s)\ (0.75T) = 3.6 \times 10^{-14}\ N$$

ب- التعجيل باتجاه القوة

$$a = \frac{F}{m_c} = \frac{3.6 \times 10^{-14}\ N}{19.9 \times 10^{-27}\ kg} = 1.81 \times 10^{12}\ m/s^2$$

ج - عندما يدور الأيون في دائرة بتأثير المجال المغناطيسي فإن مقدار القوة المغناطيسية يساوي مقدار القوة المركزية المسببة لحركة أيون الكاربون المفرد الدائرية.

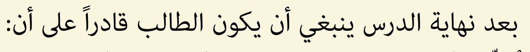
$$m_c a = m_c V^2/r$$

$$r = V^2/a = (3\times10^5 m/s^2)/1.81\times10^{12} m/s^2 = 49.7mm$$

أهــداف الــدرس

الدرس الثاني : (حصتان)

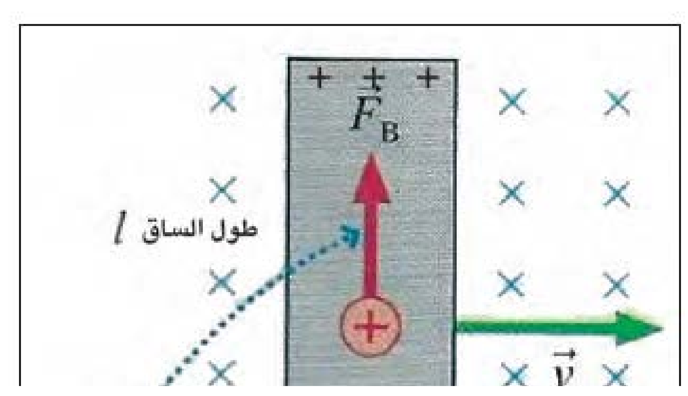




بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

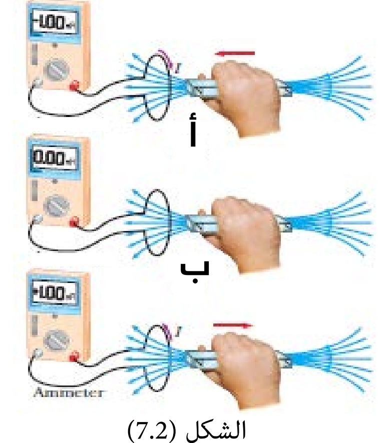
- يُوضّح اكتشاف فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.
- يُبَرّهِن اكتشاف فراداي عملياً.
- يَذكُر العوامل المؤثرة في مقدار التيار المحتث.
- يُحَدّد اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث حين تزايد الفيض أو تناقصه.

2 - 3 الحث Electromagnetic Induction



عَلِمتَ في دراستك السابقة أن الفيزيائي أورستد اكتشف في عام 1820 "أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً" لذا يُعد أورستد أول من اكتشف العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية، واكتشافه هذا دفع العلماء إلى البحث والاستقصاء عن إمكانية التوصل إلى حقيقة معاكسة لذلك، وهي هل بإمكان المجال المغناطيسي أن يولد تياراً كهربائياً في دائرة كهربائية؟ وهذا السؤال بقي محيراً للعلماء ومن غير جواب حتى عام 1831، إذ توصل الفيزيائي فراداي في انكلترا والفيزيائي هنري في أمريكا (كل على انفراد) بعد إجراء عدة تجارب، إلى حقيقة مهمة هي إمكانية توليد تيار كهربائي في حلقة موصلة مقفلة (أو ملف من سلك موصل) وذلك بمجال مغناطيسي متغير يواجه تلك الحلقة أو الملف. وهنالك عدة طرق يستعمل فيها المجال المغناطيسي في توليد تيار كهربائي، لاحظ المخطط الموضح في الشكل الذي يمثل مبدأ أورستد ومبدأ فراداي فهما يكمل بعضهما بعضاً.

تجارب فارادای : -



الشكل (7.2)

الشكل (7.2) يبين لنا إحدى طرق الحث الكهرومغناطيسي ، إذ يُظهر الشكل ساقاً مغناطيسية وملفاً من سلك موصل مربوط بين طرفي أميتر رقمي (digital ammeter).

فحين تكون الساق في حالة سكون نسبة للملف نلاحظ أن قراءة الأميتر صفر، فما تعليل ذلك؟

إن سبب ذلك هو أن الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق الملف لا يتغير مع الزمن.

وذلك لعدم توافر الحركة النسبية بين المغناطيس والملف. لذا لا ينساب تيار في الدائرة، لاحظ الشكل (7.2 أ).

وحين نمسك الساق المغناطيسية باليد وقطبها الشمالي موجه لأحد وجهي الملف وندفعها نحو الملف وبموازاة محوره، فماذا يحصل؟

إذا تمعنا في الشكل (7.2) نعرف الجواب، نجد الأميتر يشير إلى انسياب تيار في الدائرة ويكون باتجاه معين. وتفسير ذلك هو حصول تزايد في الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق الملف في اثناء اقتراب المغناطيس من الملف.

أما لو أبعدت الساق المغناطيسية بالسرعة نفسها وقطبها الشمالي مواجهاً لأحد وجهي الملف عن الملف وبموازاة محوره. فهل سيشير الأميتر إلى انسياب تيار؟ وهل يكون هذا التيار بالاتجاه نفسه الذي تولد في حالة اقتراب القطب الشمالي من وجه الملف؟

لاحظ الشكل (7.2ب) وأجب عن هذا التساؤل.

يسمى التيار المنساب في الدائرة في الحالين بالتيار المحتث. ويرمز له بـ (I_{ind}) فهو تولد نتيجة حصول تغير في الفيض المغناطيسي ($\Delta\Phi_B$) الذي يخترق الملف لوحدة الزمن.

وقد وجد عملياً أن مقدار التيار المحتث يزداد بازدياد:

1 - سرعة الحركة النسبية بين القطب المغناطيسي والملف.

2 - عدد لفات الملف.

3 - مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف.

4 - النفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف (ادخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف بدلاً من الهواء يتسبب في ازدياد كثافة الفيض المغناطيسي).

فكر

لو ثبتت الساق المغناطيسية (مع بقاء قطبها الجنوبي مواجهاً لأحد وجهي الملف). ثم دفع الملف نحو الساق وبموازاة محوره. أينعكس اتجاه التيار المحتث في الملف؟ أم يكون بالاتجاه نفسه للتيار المتولد في حالة دفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف؟ ما تفسير جوابك؟

2 - 4 اكتشاف فاراداي Faraday's Discovery

"يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة (مثل ملف سلكي أو حلقة موصلة)، فحسب حين يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$



نشاط - 1.2

توضيح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي.

ادوات النشاط:

ملفان سلكيان مجوفان مختلفان في اقطارهما (يمكن ادخال أحدهما في الآخر)، كلفانوميتر صفره في وسط التدريجة، ساق مغناطيسية، أسلاك توصيل، بطارية، مفتاح كهربائي.

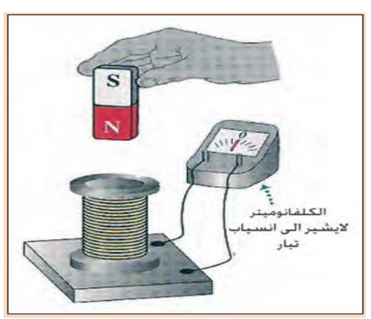
خطوات النشاط:

أولاً:

*نربط طرفي أحد الملفين بأسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر.

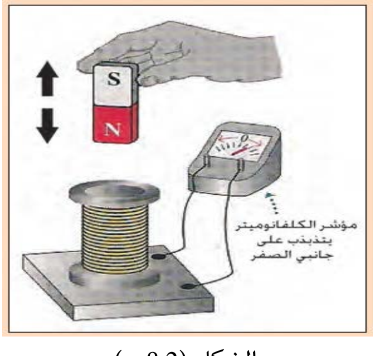
*نجعل الساق المغناطيسية وقطبها الشمالي مواجهاً للملف وفي حالة سكون نسبة للملف. هل نلحظ حصول انحراف لمؤشر الكلفانوميتر؟ سنجد أن مؤشر الكلفانوميتر يبقى ثابتاً عند صفر التدريجة، أي لا يشير إلى انسياب تيار في دائرة الملف لاحظ الشكل (8.2أ).

*ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف، ثم نبعدها عنه، فماذا نلحظ؟



الشكل (8.2أ)

نجد أن مؤشر الكلفانوميتر ينحرف إلى أحد جانبي صفر التدريجة (عند تقريب الساق) وينحرف باتجاه معاكس (عند إبعادها)، مشيراً إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف في الحالتين، لاحظ الشكل (8.2ب).



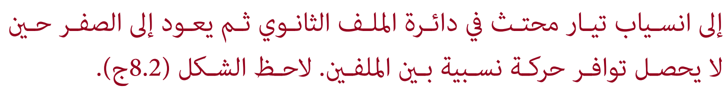
الشكل (8.2ب)

ثانياً:

*نربط طرفي ملف آخر (يسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية بأسلاك التوصيل للحصول على مغناطيس كهربائي.

*نحرك الملف المتصل بالبطارية (الملف الابتدائي) أمام وجه الملف الثانوي المتصل بالكلفانوميتر بتقريبه مرة من وجه الملف الثانوي وإبعاده مرة أخرى بموازاة محوره، فماذا نلحظ؟

نجد أن مؤشر الكلفانوميتر ينحرف إلى أحد جانبي الصفر مرة وباتجاه معاكس مرة أخرى وبالتعاقب مشيراً



إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي ثم يعود إلى الصفر حين لا يحصل توافر حركة نسبية بين الملفين. لاحظ الشكل (8.2ج).



الشكل (8.2ج)

ثالثاً:

*نربط مفتاحاً كهربائياً في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحاً.

*ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونحافظ على ثبوت أحد الملفين نسبة إلى الآخر. فهل ينحرف مؤشر الكلفانوميتر؟

*نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي. فماذا تلحظ؟

نجد أن مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين فحسب في لحظتي إغلاق المفتاح وفتحه في دائرة الملف الابتدائي وعلى التعاقب، مشيراً إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي في تلك اللحظتين. لاحظ الشكل (8.2د).



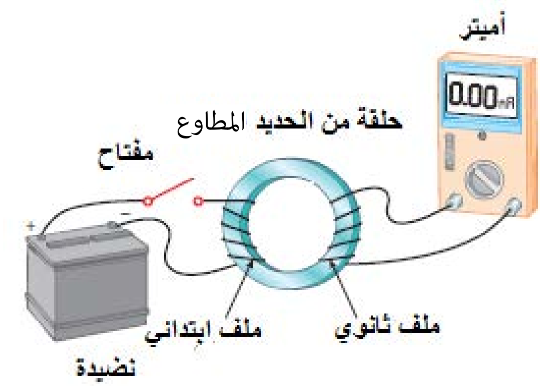
الشكل (8.2د)

نستنتج من كل نشاط من الأنشطة الثلاثة ما يأتي:

-تستحث قوة دافعة كهربائية (ε_{ind}) وينساب تيار محتث (I_{ind}) في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة أو ملف فحسب) إذا حصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن، (على الرغم من عدم توافر بطارية في تلك الدائرة).

-تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) واتجاه التيار المحتث (I_{ind}) في الدائرة الكهربائية باتجاه معين حين تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها ويكونان باتجاه معاكس حين تناقص هذا الفيض.

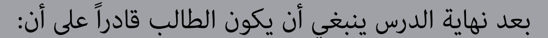
والشكل (8.2 هـ) يمثل تجربة فاراداي التي قام بها (حلقة الحديد المطاوع ذات الملفين).



الشكل (8.2 هـ)



أهــداف الــدرس الدرس الثالث : (حصتان)



بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يَشْرَحُ كيفية الحصول على قوة دافعة كهربائية حركية.
- يَسْتَنتِجُ العلاقة الرياضية للقوة الدافعة الكهربائية الحركية.
- يَذْكُرُ العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحركية.
- يُعَلِّلُ القوة المعرقلة لحركة الساق في دائرة القوة الدافعة الكهربائية الحركية.
- يُطَبِّقُ مبدأ حفظ الطاقة في تحول الطاقة الحركية إلى طاقة حرارية.
- يَحلُ مسائل تطبيقية للقوة الدافعة الكهربائية الحركية.

2 - 5 القوة الدافعة الكهربائية الحركية (ε_{ind}) Motional (emf)

نحصل على قوة دافعة كهربائية محتثة حين تحريك ساق موصلة داخل مجال مغناطيسي منتظم تسمى بالقوة الدافعة الكهربائية الحركية، وهذه تعد حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسي .

ونتيجة لحركة الساق الموصلة داخل المجال المغناطيسي تتأثر الشحنات الموجبة للساق بقوة مغناطيسية:

$$F_{B1} = qVB \sin\theta$$

وحين تكون حركة الساق عمودية على الفيض المغناطيسي فإن هذه القوة تعطى بالعلاقة الآتية:

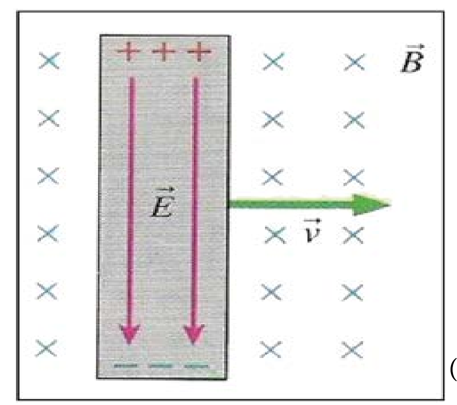
$$F_{B1} = qVB$$

وتؤثر في اتجاه موازٍ لمحور الساق فتعمل هذه القوة على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة، إذ تتجمع الشحنات الموجبة في أحد طرفي الساق والشحنات السالبة في طرفها الآخر. الشكل (9.2أ) يبين تجمع الشحنات الموجبة عند طرفها العلوي والشحنات السالبة عند طرفها السفلي، وذلك على وفق قاعدة الكف اليمنى. وفي الحالة التي تكون فيها كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) باتجاه عمودي على الصفحة ونحو الداخل، وحُركت الساق بسرعة ($\vec{V}$) نحو اليمين وفي مستوي الصفحة.

الشكل (9.2أ)

ويستمر تجمع الشحنات المختلفة في طرفي الساق مع استمرار حركتها داخل المجال المغناطيسي. فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحركية (ε_{ind}). فينشأ نتيجة لذلك مجال كهربائي ($\vec{E}$) يتجه نحو الأسفل، لاحظ الشكل (9.2ب).

والمجال الكهربائي المتولد سيؤثر في هذه الشحنات بقوة ($F_E = qE$)



الشكل (9.2ب)

ويتبين هنا أن اتجاه القوة التي يؤثر فيها المجال الكهربائي ($\vec{F}_E$) نحو الأسفل وباتجاه موازٍ لمحورِ الساق أيضاً إذ تكون معاكسة لاتجاه القوة التي يؤثر فيها المجال المغناطيسي ($\vec{F}_{B1}$) في تلك الشحنة التي تؤثر نحو الأعلى، والقوتان كلتاهما في مستوىً واحد وبخط فعل مشترك. لاحظ الشكل (9.2ج).

وإذ تساوى مقدار هاتين القوتين تحصل حالة الاتزان. أي أن:

$$\vec{F}_{B1} = \vec{F}_E$$

فتكون : $qE = q\nu B$

حينئذٍ نحصل على العلاقة الآتية: $E = \nu B$

بما أن انحدار الجهد الكهربائي يساوي مقدار المجال الكهربائي أي ($E=\Delta V/\ell$) إذ أن (ℓ) تمثل طول الساق داخل المجال المغناطيسي فتكون ($\nu B=\Delta V/\ell$) وبهذا فإن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الساق يكون ($\Delta V = \nu B\ell$) ويعتمد فرق الجهد بين طرفي الساق على مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) والسرعة ($\vec{V}$) التي تتحرك بها الساق داخل المجال المغناطيسي:

الشكل (9.2ج)

فالقوة الدافعة الحركية المتولدة على طرفي موصل طوله (ℓ) متحركاً بسرعة ($\vec{V}$) عمودياً على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{motional} = \nu B\ell \quad \cdots\cdots \quad 4.2$$

فكر

لو انعكس اتجاه حركة الساق أو انعكس اتجاه المجال المغناطيسي. فهل تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية الحركية (ε_{ind}).

2 - 6 التيار المحتث Induced Current

والآن يحق لك أن تتساءل، ما الإجراء العملي المطلوب اتخاذه لكي ينساب تيار محتث في الساق المتحركة داخل مجال مغناطيسي؟

وللإجابة عن هذا السؤال. نضع هذه الساق في دائرة كهربائية مقفلة، وتتم هذه العملية بجعل الساق تنزلق بسرعة (ν) نحو اليمين على طول سكة موصلة بشكل حرف (u) مربوط معها مصباح كهربائي على التوالي، وتثبت السكة على

الشكل (10.2)

منضدة أفقية لاحظ الشكل (10.2). وبهذا الترتيب نجد أن الساق والسكة والمصباح تشكل دائرة كهربائية مقفلة.

فإذا سلط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(\vec{B})$ باتجاه عمودي على مستوي تلك الدائرة (اتجاهه داخل الورقة (×) مثلاً كما هو مبين في الشكل (10.2))، ستتأثر الشحنات الموجبة في الساق بقوة مغناطيسية تدفعها نحو أحد طرفي الساق، والشحنات السالبة تُدفع نحو طرفها الآخر، ولكن في هذه الحالة ستكون $F_{B1} = qVB$. وبما أن الدائرة مقفلة فإن الشحنات تستمر في الحركة ولا تتجمع عند طرفي الساق. ونتيجة لذلك ينساب تيار في الدائرة ويسمى بالتيار المحتث. ويدل على انسياب التيار في الدائرة توهج المصباح المربوط على التوالي مع السكة.

ولو طبقنا قاعدة الكف اليمنى على الشحنة الموجبة. يكون اتجاه التيار المحتث في الدائرة معاكساً لاتجاه دوران عقارب الساعة. فإذا كانت المقاومة الكلية في الدائرة (R) فإن التيار المحتث في هذه الدائرة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_{ind} = \frac{VB\ell}{R} \quad \text{......} \quad 5.2$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motiona}}{R}$$

ونتيجة لانسياب التيار المحتث في الساق باتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي تظهر قوة مغناطيسية (F_{B2}) تؤثر في هذه الساق تعطى بالعلاقة الآتية:

$$F_{B2} = I_{ind} B \ell$$

الشكل (11.2)

وبتطبيق قاعدة الكف اليمنى نجد أن القوة (F_{B2}) تؤثر باتجاه عمودي في الساق ونحو اليسار أي باتجاه معاكس لاتجاه السرعة (V) التي تتحرك بها الساق، لذا فإن هذه القوة تعمل على عرقلة حركة الساق، فتتسبب في تباطؤ حركة الساق. لاحظ الشكل (11.2). ولكي نجعل هذه الساق تتحرك بسرعة ثابتة في هذه الظروف، يتطلب تسليط قوة خارجية (F_{Pull}) تسحب الساق نحو اليمين ومقدارها يعطى بالعلاقة الآتية: $F_{Pull} = F_{B2} = I_{ind} B \ell$



$$F_{Pull} = \frac{VB^2\ell^2}{R} \quad \text{......} \quad 6.2$$

الشكل (12.2)

فكر

هل ينساب تيار محتث في الدائرة الموضحة في الشكل (12.2) . إذا كان جوابك نعم، عين اتجاه التيار المحتث فيها.

إن عملية سحب الساق الموصلة بإزاحة معينة داخل مجال مغناطيسي، تعني نه قد انجز شغل في تحريك الساق، فما مصير الطاقة المختزنة في الساق نتيجة لذلك الشغل؟ أتبددت هذه الطاقة في الساق أم حفظت فيها أثناء حركة الساق في المجال المغناطيسي؟

وللجواب عن ذلك عليك أن تتذكر معلوماتك عن القدرة (power) التي تعرف أنها المعدل الزمني للشغل المنجز $(P= w/t)$ وبما أن القوة الساحبة قد سببت الحركة بسرعة (ν) فإن القدرة المكتسبة في الدائرة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P = F_{Pull} \times \nu$$

$$P = \frac{\nu^2 B^2 \ell^2}{R} \qquad \text{7.2}$$

وهنا نجد أن الدائرة الكهربائية تتسبب في تبدد القدرة بشكل قدرة حرارية تظهر في المقاومة الكلية (R) في الدائرة (عناصر الدائرة واسلاك الربط)، والقدرة المبددة $(P_{dissipated})$ في المقاومة التي ينساب فيها تيار محتث (I_{ind}) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P_{dissipated} = I R^2 = \frac{\nu^2 B^2 \ell^2}{R} \qquad \text{8.2}$$

لاحظ أن العلاقتين المذكورتين آنفاً متساويتان. فماذا يعني لك ذلك؟

والجواب عن ذلك: يعني أن المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق الموصلة في المجال المغناطيسي يساوي تماماً القدرة المتبددة في المقاومة الكلية لهذه الدائرة بشكل حرارة أو أي نوع من القدرة في الحمل. وهذا يعد تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة.

مثال 2.2 — Example 2.2

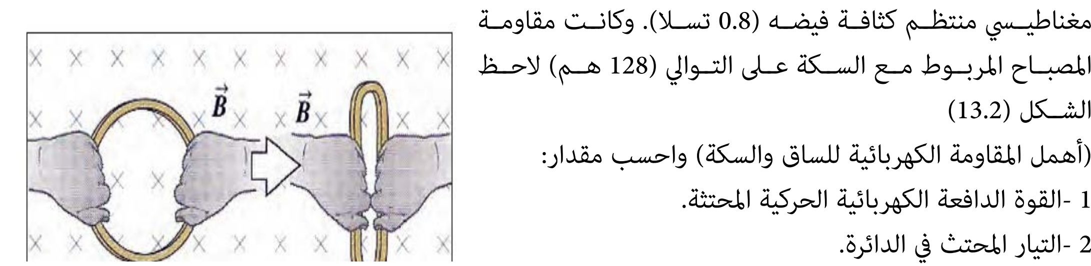
افرض أن ساقاً موصلة طولها (1.6 م) انزلقت على سكة موصلة بانطلاق (5 م\ث) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8 تسلا). وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي (128 هـم) لاحظ الشكل (13.2)

(أهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) واحسب مقدار:

1 -القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة.

2 -التيار المحتث في الدائرة.

3 -القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.



الشكل (13.2)



الحل:

1 -نطبق العلاقة الآتية لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة:

$$\varepsilon_{motional} = \nu B l$$

$$\varepsilon_{motional} = 5\ m/S \times 0.8\ T \times 1.6\ m = 6.4\ V$$

2 -نطبق العلاقة الآتية لحساب التيار:

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = 6.4\ V\ /\ 128\ \Omega = 0.05\ A$$

3 -نطبق العلاقة الآتية لحساب القدرة المتبددة في مقاومة الدائرة:

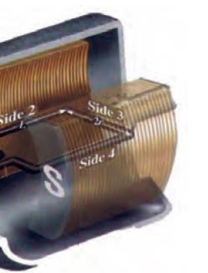
$$P_{dissipated} = I^2 R = (0.05\ A)^2 \times 128\ \Omega = 0.32\ W$$

8. 2 الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

عَرَفنا أن العامل الأساس لتوليد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) هو حصول تغير في الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق حلقة موصلة أو ملف سلكي، ويمكن تحقيق ذلك بعدة طرق (فضلاً عما تعلمناه وهو توافر الحركة النسبية بين الساق المغناطيسية والحلقة الموصلة أو الملف السلكي) منها:

أولاً:

تغيير قياس الزاوية (θ) بين متجه المساحة (A) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي($\vec{B}$). وأيسر مثال على ذلك دوران ملف نواة المولد الكهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم، لاحظ الشكل (14.2أ).(متجه المساحة ($\vec{A}$) يمثل العمود المقام على المساحة (A)).



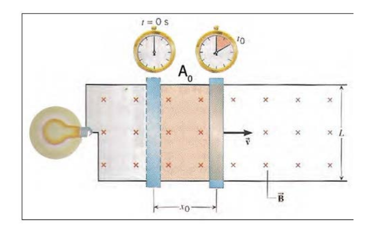
الشكل (14.2)

ولنفرض مجال مغناطيسي كثافة فيضه ($\vec{B}$) منتظمة يخترق حلقة موصلة ومتجه مساحتها السطحية ($\vec{A}$) يصنع زاوية حادة قياسها (θ) مع متجه ($\vec{B}$) لاحظ الشكل (14.2أ) ففي هذه الحالة يعطي الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق تلك المساحة بالعلاقة الآتية:

$$\vec{\Phi}_B = \vec{B}\ \cdot$$

ومقداره

$$\Phi_B = B\ A \cos\theta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 9.2$$

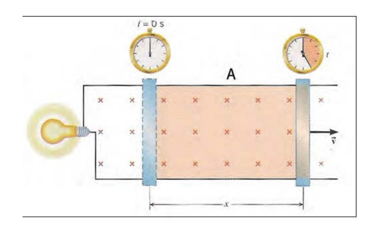


الشكل (14.2أ)

فمُركبة كثافة الفيض المغناطيسي ($B \cos\theta$) العمودية على مستوي الحلقة هي التي تحدد مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

أما إذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) عمودية على مستوي الحلقة لاحظ الشكل (14.2ب) فيكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة الحلقة حينئذٍ بأعظم مقدار، وفي هذه الحالة تكون الزاوية (θ) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) المنتظم تساوي صفراً، $\theta = 0°$.

فيكون:



$$\Phi_B = B\ A \cos\theta = B\ A \cos 0°$$

الشكل (14.2ب)

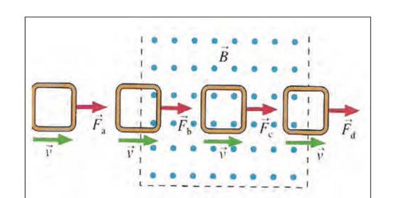
$$\Phi_B = B\ A$$

وإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ بموازاة مستوى الحلقة لاحظ الشكل (14.2ج) ففي هذه الحالة لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة.

أي أن الزاوية (θ) بين متجه المساحة $(\vec{A})$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ المنتظم $\theta = 90°$ فتكون:

$$\Phi_B = B\ A \cos\theta = B\ A \cos 90° = 0$$

$$\Phi_B = 0$$

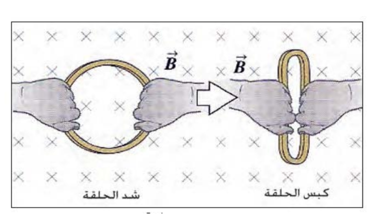


الشكل (14.2ج)

ثانياً:

تغير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي (Φ_B) المنتظم.

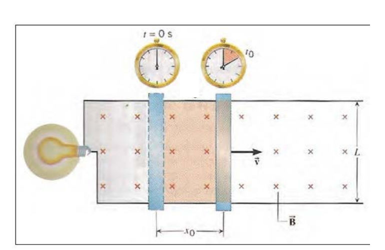
ويتم ذلك بكبس الحلقة أو شدها من جانبيها المتقابلين فتقل بذلك المساحة $(\vec{A})$، لاحظ الشكل (15.2أ)



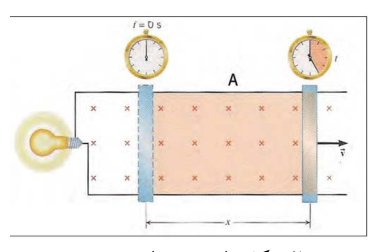
الشكل (15.2أ)

وبالإمكان زيادة المساحة بإزاحة الساق الموضحة في الشكل (15.2ب) نحو اليمين فتتغير المساحة من $A_o = X_o\ L$ إلى $A = X\ L$ ومنها نجد أن $(\Delta A = A - A_o)$ وبهذا فإن التغير في الفيض المغناطيسي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Delta\Phi_B = B.\ \Delta A \quad \text{.................} \quad 10.2$$



الشكل (15.2أ)

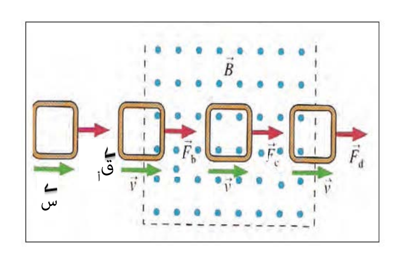


الشكل (15.2ب)

ثالثاً: بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم:

(دفع الحلقة لإدخالها في مجال مغناطيسي منتظم أو سحبها لإخراجها منه) لاحظ الشكل (15.2ج).

وينتج من ذلك تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لوحدة الزمن أثناء دخول الحلقة في المجال المغناطيسي أو أثناء خروجها من المجال فقط.

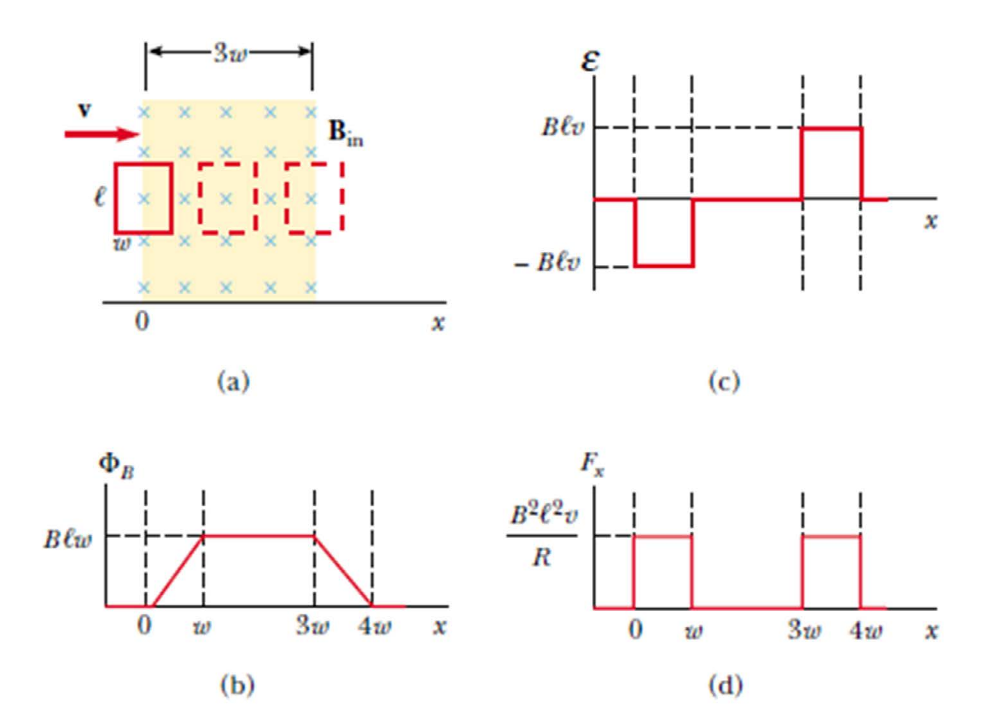


الشكل (15.2ج)

إن وحدة الفيض المغناطيسي (Φ_B) في النظام الدولي للوحدات هي (Weber) ويرمز لها (Wb).

أما المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي $(\Delta\Phi_B \backslash \Delta t)$ في النظام الدولي للوحدات فيقاس بوحدات (Weber/second).

حينئذٍ تكون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) مقاسة بوحدة (Volt).



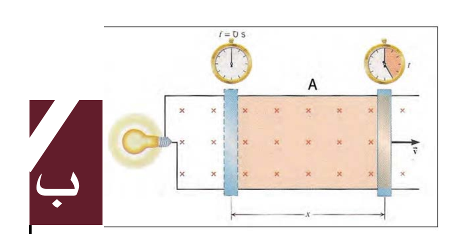
الشكل يوضح عند دخول حلقة معدنية تتحرك بسرعة ثابتة في مجال مغناطيسي كثافته ثابتة وما يحصل من تيارات وقوة دافعة كهربائية فيها خلال عملها.

مثال 3.2 Example 2.3

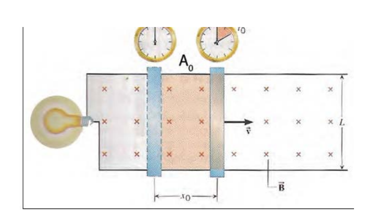
حلقة دائرية موصلة قطرها(0.4m) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B=0.5 T) ويتجه باتجاه موازٍ لمتجه مساحة الحلقة $(\vec{A})$.

1 - احسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لاحظ الشكل (16.2أ).

2 - ما مقدار الفيض المغناطيسي، على فرض أن الحلقة دارت باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حتّى صار متجه المساحة $(\vec{A})$. يصنع زاوية $(\theta = 45°)$ مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$، لاحظ الشكل (16.2ب).



الشكل (16.2أ)



الشكل (16.2ب)

الحل:

ابتداءً نحسب مقدار مساحة الحلقة:

$$A = r^2\pi = 3.14 \times (0.2)^2 = 12.56 \times 10^{-2}\ m^2$$

1 -لحساب الفيض المغناطيسي حينما $(\theta = 0°)$ نطبق العلاقة الآتية:

$$\Phi_B = B\ A$$

$$\Delta\Phi_B = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2} weber$$

2 -بعد دوران الحلقة زاوية قياسها (45°) نطبق العلاقة الآتية:

$$\Phi_B = B\ A \cos\theta$$

$$\Phi_B = B\ A \cos 45°$$

$$\Phi_B = 6.28 \times 10^{-2} \times 0.707 = 4.44 \times 10^{-2}\ weber$$

2 .9 قانون فاراداي Faraday's Law

من كل المشاهدات المذكورة آنفاً أصبح معلوماً أنه "تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) وينساب تيار محتث في حلقة موصلة مقفلة إذا تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لوحدة الزمن (لأي سبب كان)".

وقد وضع فراداي قانوناً في الحث الكهرومغناطيسي لا يحدد ولا يشترط فيه الكيفية التي يجب أن يتم فيها حصول التغير في الفيض المغناطيسي. وقانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي يعد قانوناً تجريبياً وينص على أن:

"مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في حلقة موصلة يتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة". والصيغة الرياضية لقانون فراداي هي:

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

• الإشارة السالبة في قانون فراداي وضعت على وفق قانون لنز الذي (سندرسه لاحقا) للدلالة على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة. وهذه القطبية تحدد الاتجاه الذي ينساب فيه التيار المحتث في الحلقة أو الملف.

•(الإشارة السالبة تدل على أن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس المسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي)

وبما أن مقدار التغير في الفيض المغناطيسي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Delta\theta_B = \Delta(BA\cos(\Delta\theta))$$

فإن أي تغير يحصل في أحد العوامل الثلاثة (كثافة الفيض المغناطيسي B، المساحة مس، الزاوية θ) مع الزمن أو جميعها، تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) وإذا كان لدينا ملف سلكي بدلاً من الحلقة عدد لفاته (N) فإن قانون فراداي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\theta_B}{\Delta t} \quad \text{11.2}$$

ويتضح من قانون فراداي أنه تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) بمقدار أكبر كلما كان المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\theta_B}{\Delta t}$) الذي يخترق الحلقة أو الملف كبيراً، أما قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فتعتمد على ذلك الفيض المغناطيسي فيما إذا كان متزايداً أو متناقصاً.

مثال 4.2 Example 2.4

الشكل (24) يوضح ملفاً يتألف من (50 لفة) متماثلة ومساحة اللفة الواحدة ($20cm^2$) فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من (0.0T إلى 0.8T) في زمن (0.4s) احسب:

1- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في الملف.

2- مقدار التيار المنساب في الدائرة إذا كان الملف مربوطاً بين طرفي كلفانوميتر والمقاومة الكلية في الدائرة ($80\ \Omega$).

الحل:

1- نطبق العلاقة الآتية لحساب القوة الدافعة الكهربائية:



$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\theta_B}{\Delta t} \qquad \varepsilon_{ind} = -N\frac{A\,\Delta B}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -50\times(20\times10^{-4})\times(0.8T-0.0T)/0.4 = -0.2V$$

(الإشارة السالبة تدل على أن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس المسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي على وفق قانون لنز).

2- لحساب التيار نطبق العلاقة الآتية:

$$I_{ind} = \varepsilon_{ind}/R = 0.2/80 = 2.5\times10^{-3}A$$

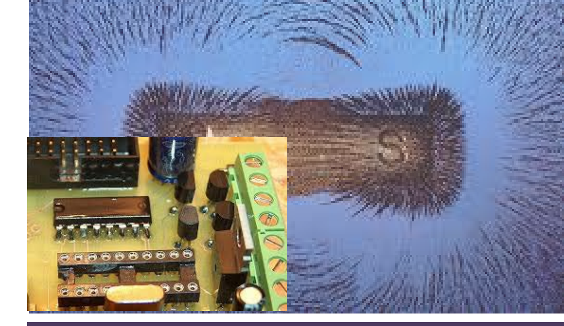
إضاءة

-لكي ينساب تيار كهربائي في دائرة مقفلة، يجب أن يتوافر في تلك الدائرة مصدر للقوة الدافعة الكهربائية (تجهزها مثلا بطارية أو مولد في تلك الدائرة).

-ولكي ينساب تيار محتث في دائرة مقفلة، مثل حلقة موصلة مقفلة أو ملف (لا تحتوي بطارية أو مولد)، يجب أن تتوافر قوة دافعة كهربائية محتثة، التي تتولد بتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الحلقة لوحدة الزمن.

أهـداف الـدرس

الدرس الخامس : (حصتان)



بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يَذكُرُ نص قانون لنز في تحديد اتجاه التيار المحتث.
- يُعَلّلُ اتجاه المجال المغناطيسي المحتث حين تقريب أو ابعاد المغناطيس من الحلقة.
- يَذكُرُ الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز.
- يُوضّحُ سبب نشوء التيارات الدوامة.
- يَذكُرُ بعض فوائد التيارات الدوامة.

2. 10 قانون لنز Lenz's Law

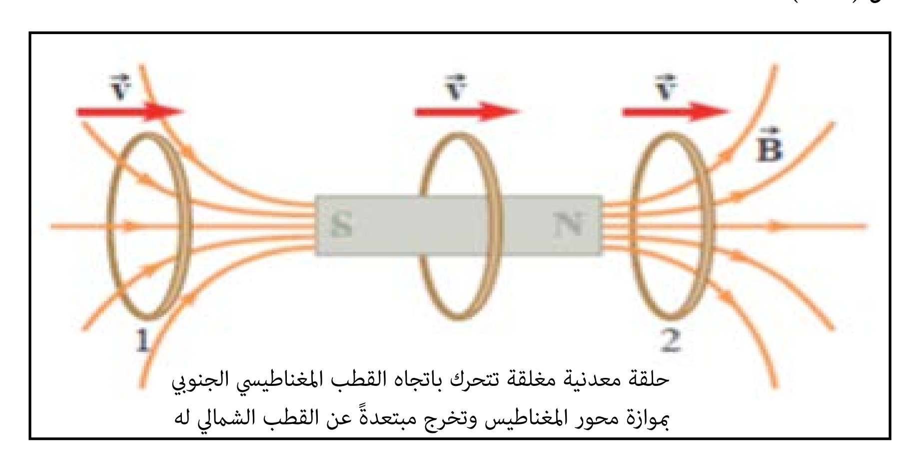
عـد دراسـتنا لقانـون فـراداي توضـح لنـا كيـف يمكننـا عمليـاً توليـد تيـار محتـث في دائـرة كهربائيـة مقفلـة. ولكـن يبقـى سـؤال يطـرح نفسـه وهـو: هـل لتحديـد اتجـاه التيـار المحتـث في الدائـرة الكهربائيـة مغـزى كبـير؟
ومـا تأثـير المجـال المغناطيـسي الـذي يولـده التيـار المحتـث (المجـال المغناطيـسي المحتـث) في العامـل الأسـاس الـذي ولـد هـذا التيـار؟

وقـد أجـاب الفيزيـائي لنـز عـن هذيـن السـؤالين بقانونـه الشـهير (قانـون لنـز)، الـذي ينـص عـلى أن: "**التيـار المحتـث في دائـرة كهربائيـة مقفلـة يمتلـك اتجاهـاً بحيـث أنَّ مجالـه المغناطيـسي المحتـث يكـون معاكسـاً بتأثـيره للتغير في الفيـض المغناطيـسي الذي ولد هـذا التيار**".

لـذا يعـد قانـون لنـز الطريقـة الملائمـة التـي يعـين بهـا اتجـاه التيـار المحتـث في حلقـة موصلـة مقفلـة، ولـكي نفهـم قانـون لنـز عمليـاً بوضـوح أكـثر، نبحـث عـن إجابـة للسـؤال الآتي:

كيف يمكن للتيار المحتث أن يولد مجالاً مغناطيسياً محتثاً يعاكس بتأثيره للمجال الذي ولده؟

والإجابـة عـن ذلـك، نعمـل عـلى تحريـك حلقـة معدنيـة مقفلـة باتجـاه مغناطيـس مواجهـة للقطـب الجنـوبي وبمـوازاة محـور المغناطيـس ثـم تسـتمر لتصـل نهايـة المغناطيـس وتخـرج مـن جهـة القطـب الشـملي كـما في الشـكل (17.2أ):



حلقة معدنية مغلقة تتحرك باتجاه القطب المغناطيسي الجنوبي بموازة محور المغناطيس وتخرج مبتعدةً عن القطب الشمالي له

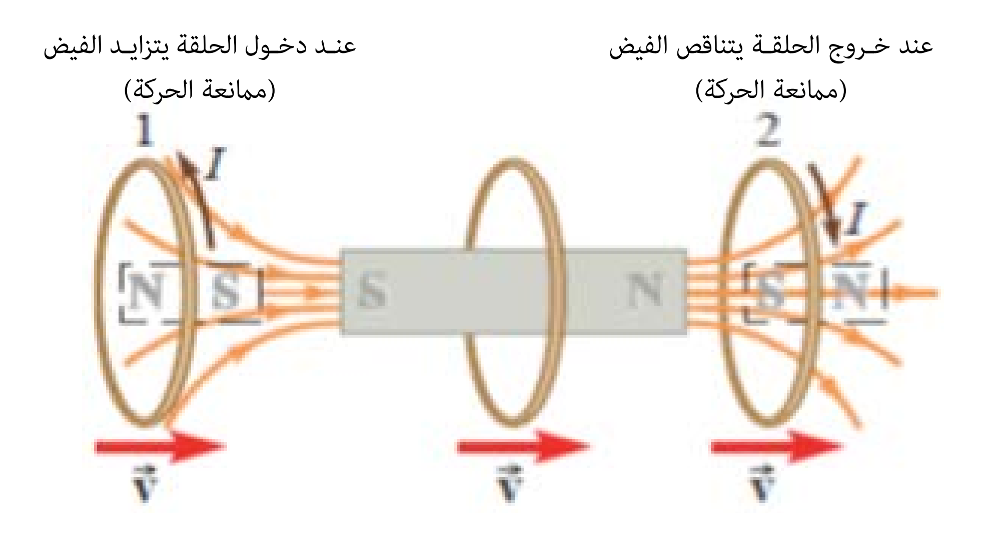
الشكل (17.2أ)

أ) عند اقتراب الحلقة من القطب الجنوبي يتسبب في ازدياد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة $(\Delta\theta_B / \Delta t > 0)$ وكذلك كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر $(\vec{B})$ متزايدة المقدار $(\Delta B / \Delta t > 0)$

لـذا يكـون اتجـاه التيـار المحتـث معاكسـاً لاتجـاه دوران عقـارب السـاعة (عـلى وفـق قاعـدة الكـف اليمنـى للملـف). فيولـد مجـالاً مغناطيسـياً محتثـاً كثافتـه $(\vec{B}_{ind})$، باتجـاه القطـب الجنـوبي فيكـون معاكسـاً لاتجـاه الفيـض المغناطيسـي المؤثـر نفسـه لـكي يقـاوم التزايـد في الفيـض المغناطيسـي الـذي ولـد التيـار المحتـث. أي يتولـد في وجـه الحلقـة المقابـل للقطـب الجنـوبي (S) قطبـا جنوبيـا (S) يتنافـر مـع القطـب الجنـوبي المقـترب منـه (عـلى وفـق قانـون لنـز).

ب) عند ابتعاد الحلقة عن القطب الشمالي (عندما تخرج) يتسبب في تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة. واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر $(\vec{B})$ متناقصة المقدار $(\Delta\theta_B / \Delta t < 0)$ لاحظ الشكل (17.2ب).

لذا يكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف). فيولد فيضاً مغناطيسياً محتثاً كثافته $(\vec{B}_{ind})$ قطبه المتكون جنوبي لكي يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولده التيار المحتث. أي يتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي قطباً جنوبياً (S) لكي يتجاذب مع القطب الشمالي (N) المبتعد عنه (على وفق قانون لنز).



ولعلك تتساءل ما الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز؟.

يفيدنــا قانــون لنــز في تعيــين اتجــاه
التيــار المحتــث في دائــرة كهربائيــة مقفلــة، ويعــد تطبيقــاً لقانــون حفــظ الطاقــة؛ لأنــه في كلتــا الحالتــين (اقــتراب المغناطيــس أو ابتعــاده بالنســبة للحلقــة) يتطلــب إنجــاز شــغل ميكانيــكي، ويتحــول الشــغل المنجــز إلى طاقــة حركيــة في الشــحنات التــي تكــون التيــار الكهربــائي وبــدوره التيــار الناتــج يتحــول الى نــوع آخــر مــن الطاقــة في الحمــل (حــين تكــون الحلقــة مربوطــة بحمــل) ويعــد ذلــك تطبيقــاً لقانــون حفــظ الطاقــة.

تذكر

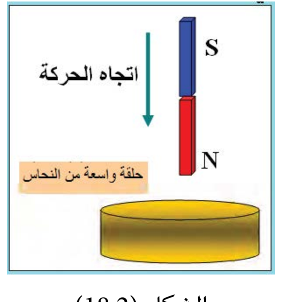
عليــك التمييــز بــين كثافــة الفيــض المغناطيــسي الخارجــي ($\vec{B}$) الــذي يتســبب تغَــيُّر فيضــه في توليــد تيــار محتــث في دائــرة كهربائيــة مقفلــة وذلــك عــلى وفــق قانــون فــاراداي في الحــث الكهرومغناطيــسي, وبــين كثافــة الفيــض المغناطيــسي المحتــث ($\vec{B}_{ind}$) (الــذي ولــده التيــار المحتــث) الــذي يعاكــس بتأثــيره التغــير بالفيــض المغناطيــسي الخارجــي (العامــل المســبب لتوليــد التيــار المحتــث) عــلى وفــق قانــون لنــز.

فكر

افرض أن ساقاً مغناطيسية سقطت سقوطاً حراً نحو الأسفل وهي بوضع شاقولي، وتحتها حلقة واسعة من النحاس مقفلة ومثبتة أفقياً، (بإهمال مقاومة الهواء). لاحظ الشكل (18.2).

1 -أتســقط هــذه الســاق بتعجيــل يســاوي تعجيــل الجاذبيــة الأرضيــة؟ أم أكــبر منــه؟ أم أصغــر؟

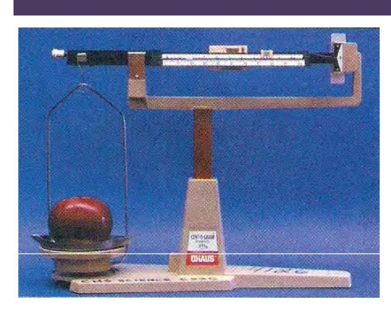
2 -عــين اتجــاه القــوة المغناطيســية التــي تؤثــر فيهــا الحلقــة عــلى الســاق أثنــاء اقــتراب الســاق مــن الحلقــة.



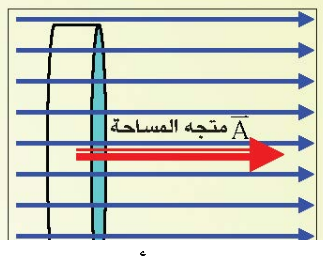
الشكل (18.2)

2 . 11 التيارات الدوامة (أو تيارات فوكو)

اكتشف ظاهرة التيارات الدوامة الفيزيائي الفرنسي فوكو؛ لذلك تسمى احياناً باسمه وهي تنشأ من حركة موصل في مجال مغناطيسي أو من تغير الفيض المغناطيسي المار في موصل ساكن. فالتيارات المحتثة الناتجة تكون كبيرة عادة بسبب صغر المقاومة الكهربائية للموصل، وتكون التيارات الدوامة المحتثة بشكل دوائر كهربائية مقفلة تدور في مستويات عمودية على الفيض المغناطيسي الشكل (19.2أ) وبتطبيق قاعدة الكف اليمنى يمكن تعيين اتجاه التيار المحتث. ويسخن الموصل بالتيارات الدوامة نتيجة تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية فيه.

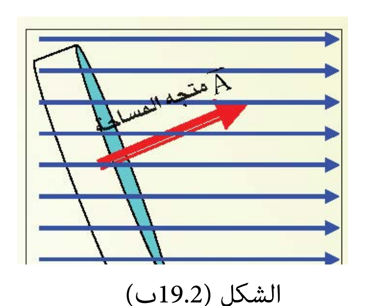


الشكل (19.2)



الشكل (19.2أ)

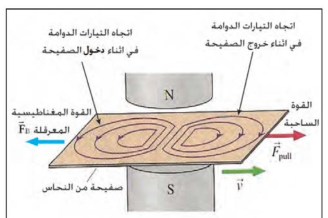
ولعلك تتساءل عن سبب نشوء التيارات الدوامة في الموصلات؟ وما تأثير المجالات المغناطيسية التي تولدها؟ وكيفية استثمارها في التقنات الحديثة؟



الشكل (19.2ب)

ولتوضيح ذلك لاحظ الشكل (19.2ج) الذي يبين صفيحة من النحاس سحبت أفقياً بين قطبي مغناطيس كهربائي كثافة فيضه ($\vec{B}$) منتظمة تتجه نحو الأسفل.

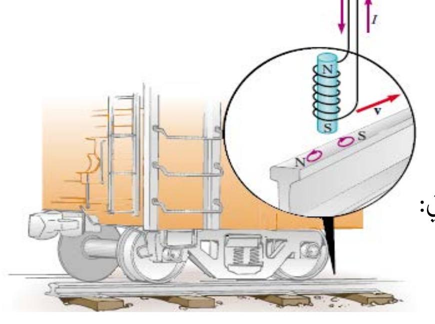
ونتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي.



الشكل (19.2ج)

فأثناء خروج الجانب الأيمن للصفيحة من المجال المغناطيسي، يتناقص الفيض المغناطيسي خلالها، لذا يكون اتجاه التيارات الدوامة باتجاه دوران عقارب الساعة، لكي تولد فيضاً مغناطيسياً محتثاً كثافته ($\vec{B}_{ind}$) يعاكس المسبب الذي ولد تلك التيارات على وفق قانون لنز، فيكون اتجاه الفيض المغناطيسي المحتث نحو الأسفل (لكي يعمل على تقوية المجال المغناطيسي المؤثر المتناقص). أما جزء الصفيحة الأيسر، فيكون اتجاه التيارات الدوامة فيه باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة للسبب نفسه.

وبالنتيجة تظهر قوة مغناطيسية ($\vec{F}_B$) تتجه نحو اليسار وتكون معاكسة للقوة الساحبة فهي قوة معرقلة لاتجاه الحركة، (أي تعاكس القوة الساحبة للساق ($\vec{F}_{pull}$)).



لتوضيح كيفية تقليل التيارات الدوامة في الموصلات نجري النشاط الآتي:



نشاط - 2.2

يبين كيفية تقليل تأثير التيارات الدوامة المتولدة في الموصلات.

ادوات النشاط:

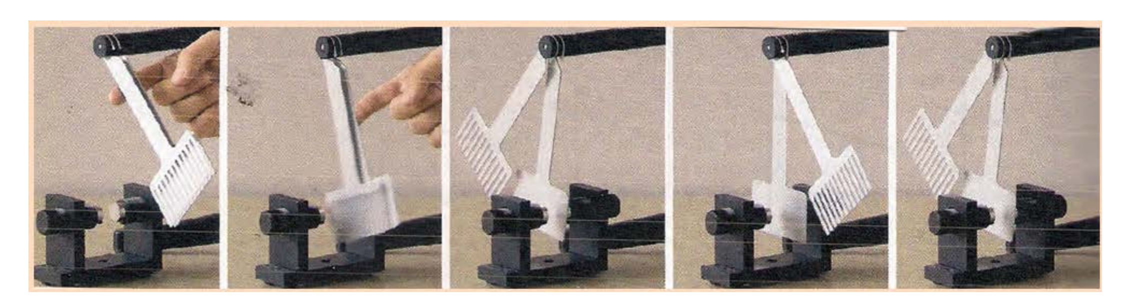
بندولان متماثلان كل منهما بشكل صفيحة مصنوعة من مادة موصلة ضعيفة التمغنط (ليست فيرومغناطيسية من الألمنيوم مثلا) مثبتة بطرف ساق خفيفة من المادة نفسها. وإحدى الصفيحتين مُقَطّعَة بشكل شرائح معزولة عن بعضها مثل أسنان المشط والأخرى كاملة (غير مقطعة). مغناطيس دائم قوي (كثافة فيضه عالية)، حامل.

خطوات النشاط:

- نزيح الصفيحتين بإزاحة متساوية إلى أحد جانبي موقع استقرارهما.
- نترك الصفيحتين في آن واحد لتهتز كل منهما بحرية بين قطبي المغناطيس.

ماذا تتوقع؟ أيهتز البندولان بالسعة نفسها؟ أم يختلفان؟ وما سبب ذلك؟

والجواب عن ذلك يتوضح من مشاهدتنا للبندولين: إذ نجد أن البندول الذي يتألف من الصفيحة الكاملة (غير المقطعة) يتوقف عن الحركة أثناء مروره في الفجوة بين القطبين المغناطيسيين، في حين تمر الصفيحة المقطعة بشكل أسنان المشط بين القطبين المغناطيسيين وتعبر إلى الجانب الآخر وتستمر بالاهتزاز على جانبي منطقة المجال المغناطيسي ذهاباً واياباً ولكن بتباطؤ قليل. لاحظ الشكل (20.2).



الشكل (20.2).

نستنتج من النشاط:

تتولد تيارات دوامة كبيرة المقدار في الصفيحة غير المقطعة أثناء دخولها في المجال المغناطيسي بين القطبين فتكون باتجاه معين، نتيجة حصول تزايدٍ في الفيض المغناطيسي الذي يخترقها لوحدة الزمن ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$) (على وفق قانون فاراداي)، وتكون باتجاه معاكس أثناء خروجها من المجال، نتيجة حصول تناقصٍ في الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$) (على وفق قانون لنز) فتتولد في الحالتين قوة مغناطيسية (F_B) تعرقل حركة الصفيحة وبالنتيجة تتلاشى سعة اهتزاز الصفيحة وتتوقف عن الاهتزاز، لاحظ الشكل (33). في حين إن التيارات الدوامة المتولدة في الصفيحة المقطعة بشكل شرائح تكون صغيرة المقدار جداً فيكون تأثيرها في اهتزاز الصفيحة ضعيفاً جداً.

فكر

ما مصير طاقة اهتزاز الصفيحة الكاملة (غير المقطعة) داخل مجال مغناطيسي بعد توقفها عن الاهتزاز؟

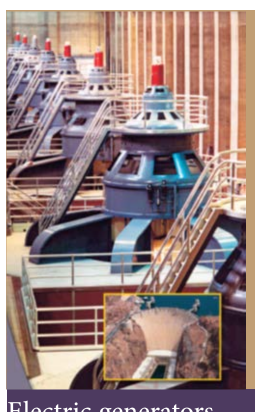
بعض استثمارات التيارات الدوامة:

1 -صهر المعادن وفي الأفران الحثية، كبت (إخماد) اهتزاز المؤشر في بعض المقاييس الكهربائية الحساسة.

2 -تستثمر في مكابح بعض القطارات الحديثة.

3 -كذلك تستثمر في كاشفات المعادن المستعملة حديثاً في نقاط التفتيش الأمنية وبخاصة في المطارات.

4 -تستعمل كاشفات المعادن أيضاً للسيطرة على الإشارات الضوئية المنصوبة في تقاطعات بعض الطرق البرية.



أهــداف الــدرس الدرس السادس : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يُوَضّحُ عمل مولد التيار المتناوب.
- يَذكُرُ العوامل التي يعتمد عليها المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة الخارجة من المولد.
- يُقَارِنُ بين مولد التيار المتناوب ومولد التيار المستمر.
- يُوَضّحُ عمل المحرك الكهربائي.
- يُوَضّحُ سبب تولد القوة الدافعة الكهربائية المضادة في المحرك.

2 . 12 المولدات Electric generators

في عدد من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية، لاحظ الشكل (36) تعمل المولدات الكهربائية على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بتأثير مجال مغناطيسي. وتكون المولدات الكهربائية نوعين:

1 -مولد التيار المتناوب ac (أحادي الطور أو ثلاثي الطور).
2 -مولد التيار المستمر dc.

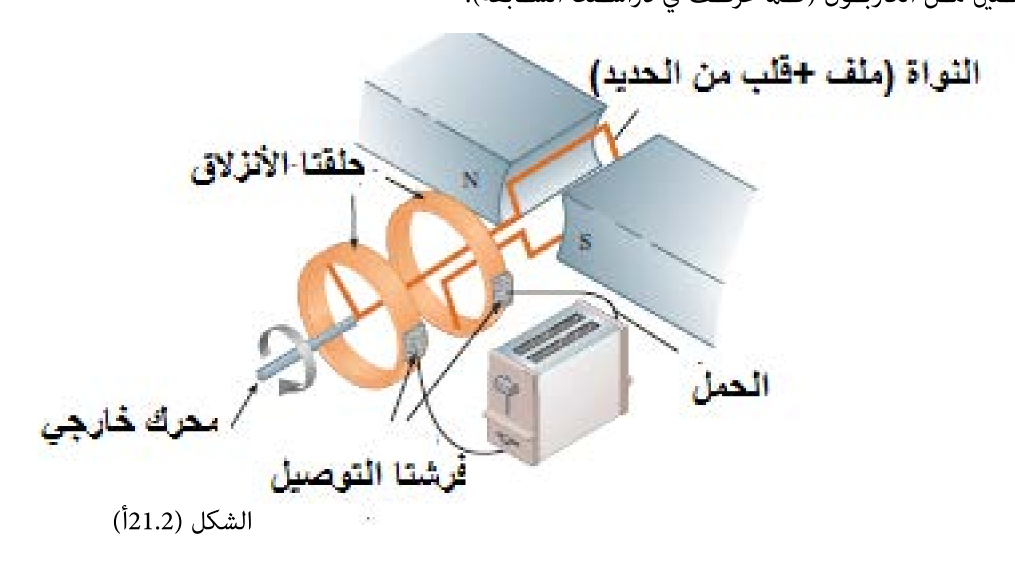


الشكل (21.2)

2 - 12 - 1 مولد التيار المتناوب ac generator:

1 -مولد التيار المتناوب ac (أحادي الطور) Single-phase (ac) generator

تربط مع طرفي ملف النواة حلقتان معدنيتان تسميان بحلقتي الزلق وتوصلان مع الدائرة الخارجية بفرشتين من الكاربون (كما عرفت في دراستك السابقة).



الشكل (21.2أ)

والشكل (21.2أ) يبين ملفاً سلكياً لنواة مولد كهربائي متناوب أحادي الطور تدور داخل مجال مغناطيسي منتظم .

وحين دوران الملف بسرعة زاوية (ω) منتظمة داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظم ومساحة اللفة الواحدة منه (A) الشكل (21.2ب) (وكما علمت سابقاً). والفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف عند أية لحظة زمنية يعطى بالعلاقة الآتية: $\Phi_B = B\ A\ \cos\theta$

الشكل (21.2ب)

وتقاس السرعة الزاوية (ω) بوحدات (rad/s) ويقاس التردد (f) بوحدة (هرتز) ويرمز لها (Hz)

وبما أن المعدل الزمني للتغير في الإزاحة الزاوية يمثل السرعة الزاوية ($\omega = \Delta\theta \backslash \Delta t$) وحين تكون السرعة الزاوية منتظمة فإن ($\theta = \omega\ t$) فالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة حينها يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Phi_B = B\ A\ \cos(\omega\ t) \quad \text{12.2}$$

فهو دالة جيب تمام($(\cos(\omega\ t)$) تتغير مع الزمن.

أما المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة فيعطى بالعلاقة الآتية:

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -BA\ \omega\ \sin(\omega t)$$

علماً أن: $\Delta[\cos(\omega\ t)] \backslash \Delta\ t = -\ \omega\ \sin(\omega\ t)$

وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في الملف تكون:

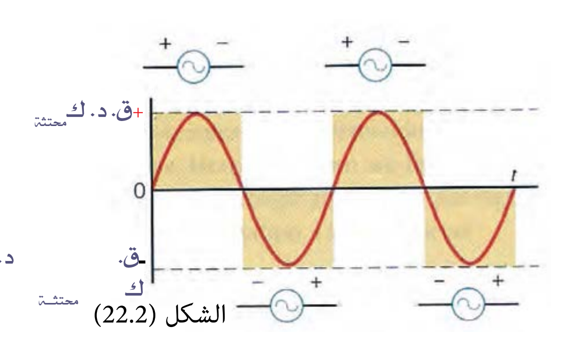
$$\varepsilon_{ind} = -N\ \Delta\Phi_B / \Delta t = -\ N\ \{-\ B\ A\ \omega\ \sin(\omega\ t)\}$$

ثم تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ملف بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ind} = NBA\ \omega\ \sin(\omega t) \quad \text{13.2}$$

إذ أن: ($\omega = 2\pi f$)

إن المعادلة المذكورة آنفاً يتبين فيها أن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تتغير جيبياً (sinusoidal) مع الزمن فهي دالة جيبية، لاحظ الشكل (22.2).



الشكل (22.2)

والفولتية الآنية (اللحظية) (ε) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon = \varepsilon_{max} \sin(\omega t) \quad \text{.................} \quad 14.2$$

إذ تأخذ بالازدياد تدريجياً من الصفر عند (t=0) حتى تصل مقدارها الأعظم (ε_{max}) بعد ربع دورة فيكون ($\omega t = \pi\backslash 2$) عندها: $\sin(\omega t) = \sin \pi\backslash 2 = 1$

وعندها: $\varepsilon_{instantinus} = \varepsilon_{max}$ أي أن : $\varepsilon_{max} = N B A \omega$

ويسمى المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{max}) بذروة الفولتية المحتثة، وتعتمد على:

1 -كثافة الفيض المغناطيسي (B).

2 -عدد لفات الملف (N).

3 -مساحة اللفة الواحدة (A).

4 -تردد الدوران (ω).

ثم تتناقص تدريجيا حتى تصل إلى الصفر مرة أخرى في اللحظة التي يكون عندها ($\omega t=\pi$).
ثم يأخذ مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{max}) بالازدياد تدريجياً بالاتجاه السالب حتّى تصل مقدارها الأعظم في اللحظة التي عندها تكون ($\omega t= 3\pi \backslash 2$).
وبعدها يهبط تدريجياً إلى الصفر حين يكمل الملف دورة كاملة
أي عند اللحظة التي تكون عندها ($\omega t = 2\pi$).
من الشكل (22.2) نجد أن قطبية القوة الدافعة الكهربائية تنعكس مرتين في الدورة الواحدة، وعند ربط طرفي الملف بدائرة خارجية، ذات المقاومة الكلية (R).

فإن التيار في هذه الدائرة يعطى بالعلاقة الآتية:
$I = \varepsilon_{ind} \backslash R = N B A \omega \sin(\omega t) \backslash R$
والمقدار الأعظم للتيار المحتث يعطى بالعلاقة الآتية:

ويكون التيار الخارج من ملف هذا المولد، تياراً متناوباً جيبي الموجة و يعطى بالعلاقة الآتية:
$I_{max} = N BA \omega \backslash R$

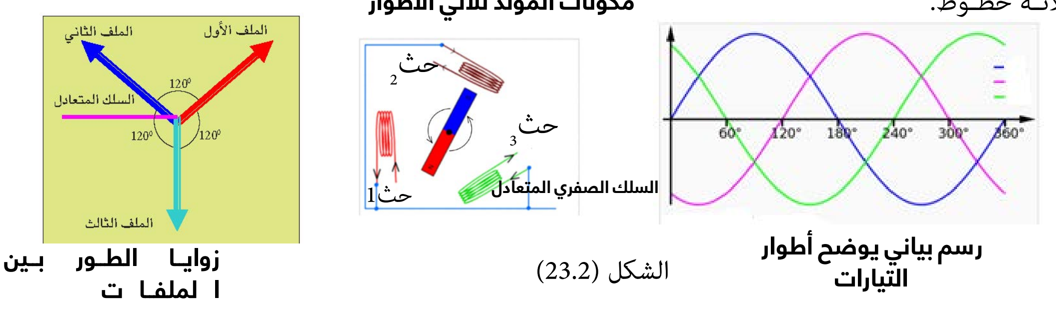
$$I = I_{max} \sin(\omega t) \quad \text{.................} \quad 15.2$$

إذ أن: (I) تمثل التيار الآني أو يسمى التيار اللحظي.
(I_{max}) تمثل المقدار الأعظم للتيار

2- مولد التيار المتناوب ذو الأطوار الثلاثة Three phase (ac) generator

يتألف من ثلاثة ملفات حول النواة (النواة التي تدور بمحرك خارجي)هي إما مغناطيس دائم او محث) تربط ربطاً نجمياً لاحظ الشكل (23.2) . وتفصل بينهما زوايا متساوية, قياس كل منها (120°) وتربط أطرافها الأخرى مع سلك يسمى بالسلك المتعادل (أو الخط الصفري) والتيار الخارج من هذا المولد ينقل بثلاثة خطوط.

مكونات المولد ثلاثي الأطوار



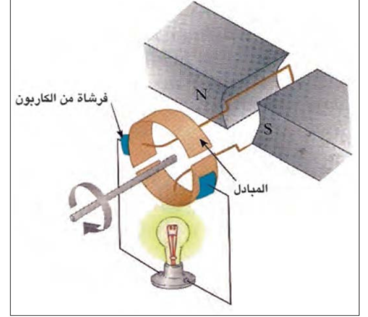
زوايا الطور بين الملفات

الشكل (23.2)

رسم بياني يوضح أطوار التيارات

ومثل هذا المولد يجهز تياراً متناوباً ذا مقدار أكبر من التيار الذي يجهزه مولد التيار المتناوب أحادي الطور.

2 - 12 - 2 مولد التيار المستمر (dc-generator)



الشكل (24.2أ)

لكي نجعل التيار المنساب في الدائرة الخارجية باتجاه واحد (يحافظ على اتجاهه ثابتاً)، يتطلب أن نرفع الحلقتين المعدنيتين (حلقتا الزلق) ونضع في طرفي الملف حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلاً كهربائياً تسميان المبادل، لاحظ الشكل (24.2أ).

ويتماسان مع فرشتين من الكاربون لغرض ربط الملف مع الدائرة الخارجية، ويكون عدد قطع المبادل ضعف عدد ملفات المولد.

ويكون التيار الناتج من هذا المولد، تياراً نبضي الشكل باتجاه واحد، لاحظ الشكل (41). ويعطى المقدار المتوسط ($I_{average}$) لهذا التيار بالعلاقة الآتية:

$$I_{average} = 0.636 \cdot I_{max} \quad \text{.................} \quad 16.2$$

ولجعل التيار الخارج من مولد التيار المستمر ذي الملف الواحد أقرب إلى تيار النضيدة (ثابت المقدار تقريباً) نزيد عدد الملفات حول النواة وتحصر بينها زوايا متساوية.

الشكل (24.2ب)

13. 2 المحركات الكهربائية

من المعروف أن المحرك الكهربائي وسيلة تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية، فبدلاً من التيار الذي تولده حلقة موصلة مقفلة تدور في مجال مغناطيسي، تزود هذه الحلقة بتيار كهربائي من مصدر للفولتية. وهي نوعان:

2 - 13 - 1 المحركات الكهربائية للتيار المستمر dc Electric Motors

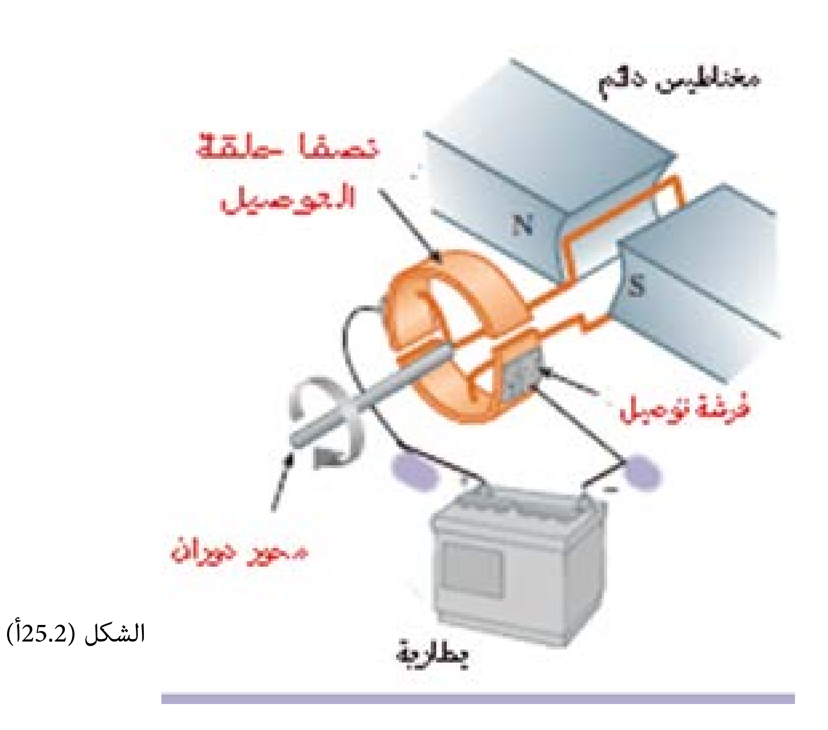
يتركب محرك التيار المستمر من الأجزاء نفسها التي يتركب منها مولد التيار المستمر ولكن يعمل عكس عمل المولد، إذ يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بتوافر مجال مغناطيسي كما في الشكل (25.2أ). فتعمل القوى المغناطيسية المؤثرة في الحلقة على تدويرها بتأثير عزم يسمى عزم المزدوج داخل مجال مغناطيسي.

القوة الدافعة الكهربائية المضادة في المحرك (ε_{back}) Back Electromotive force:

لا تستغرب إذا عرفت أن المحرك الكهربائي يعمل عمل المولد الكهربائي أثناء دوران نواته (أثناء اشتغاله)، فحين دوران ملف النواة داخل المجال المغناطيسي يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف، وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نواة المحرك تسمى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}).

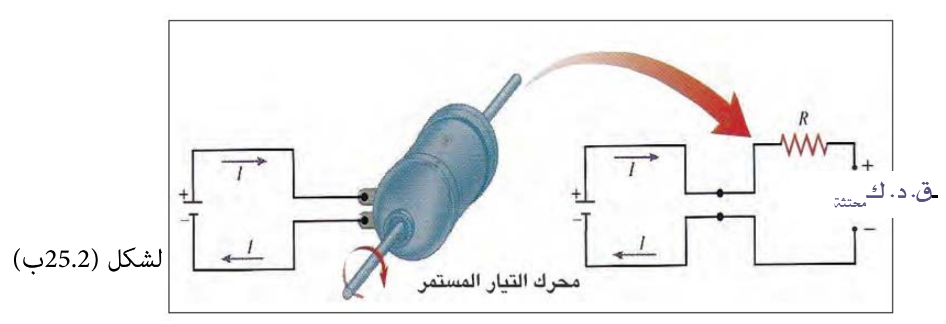
وتسميتها بالمضادة لأنها تكون معاكسة للمسبب الذي ولدها على وفق قانون لنز، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{back} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad \text{.......} \quad 17.2$$



الشكل (25.2أ)

وتوضح الدائرة الكهربائية المبينة يسار الشكل (25.2ب) انسياب تيار كهربائي في ملف المحرك نتيجة للفولتية المستمرة المسلطة ($V_{appliad}$) بين طرفي ملف نواة المحرك الذي يتسبب في توليد عزم المزدوج الذي يعمل على تدوير الملف.



لشكل (25.2ب)

أما الدائرة الظاهرة في الشكل (-43ب) فتوضح تولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}) على طرفي ملف النواة أثناء دورانه داخل المجال المغناطيسي على وفق قانون فاراداي في الحث الكهرومغناطيسي.

ويعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}) على:

سرعة دوران النواة (أي المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي) وعدد لفات الملف.

* يزود المحرك بمقاومة متغيرة المقدار آلياً، تعمل على تحديد مقدار التيار المناسب في دائرة المحرك.

وقد تتساءل، ما الذي يحدد مقدار التيار المناسب في دائرة المحرك؟

الجواب: إن الفرق بين الفولتية الموضوعة ($V_{appliad}$) والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}) في دائرة المحرك هو الذي يحدد مقدار التيار المناسب في تلك الدائرة ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$I = \frac{V_{appliad} - \varepsilon_{back}}{R} \quad \text{.......} \quad 18.2$$

2 - 13 - 2 محرك التيار المتناوب (Alternating current Motor)

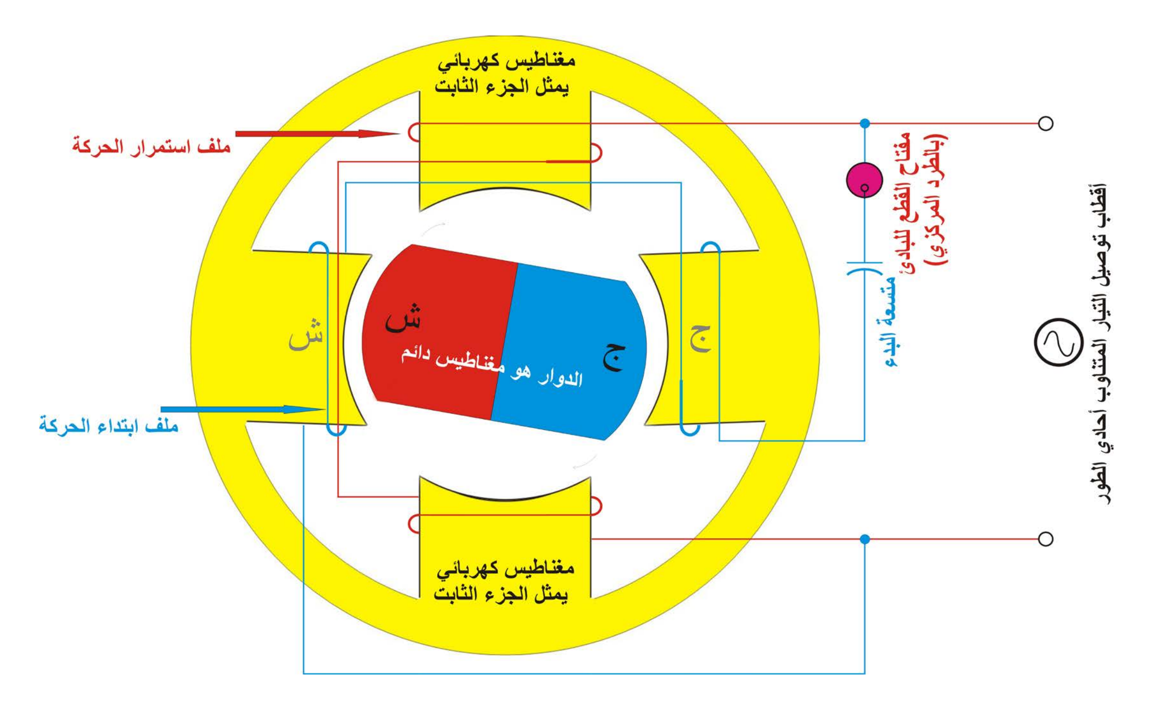
جهاز يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حركية مستعملاً التيار المتناوب, ويتكون من

1 -النواة: (the armature of rotor) الجزء الدوار من المحرك وهو عبارة عن أسطوانة تتكون من عدة مغانط مرصوصة حول محور من الحديد مثبت على مضاجع كروية لتسهيل الحركة.

2 -الجزء الثابت (the stator): ويتكون من مغانط كهربائية عددها زوجي (ملفات سلكية معزولة حول صفائح من الحديد معزولة كهربائياً وحرارياً) تكون أسطوانة مجوفة تحيط بالنواة.

وتوضع المكونات في حافظة مناسبة للجهاز الذي تحركه. ويصنع بأحجام مختلفة متنوعة, فهو يستعمل في المراوح بأنواعها السقفية والمنضدية الكبيرة والصغيرة وفي الثلاجات و المبردات و الرافعات الضخمة .....

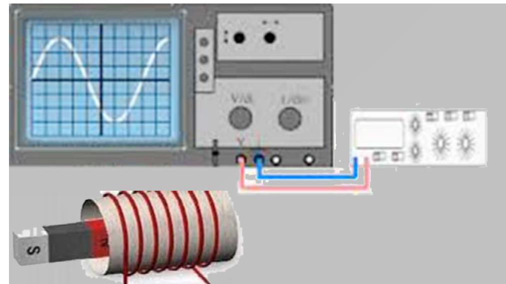
وهناك محركات التيار المتناوب الحثية, والتي تعمل على المبدأ نفسه السابق إلا أن الدوار يتكون من صفائح معدنية مرصوصة غير ممغنطة, تُكوّن تيارات دوامة على مبدأ فاراداي, تتفاعل مع الجزء الثابت فتدور.



أساس محرك التيار المتناوب



محرك التيار المتناوب الحثي الذي يستخدم حاليا بشكل واسع



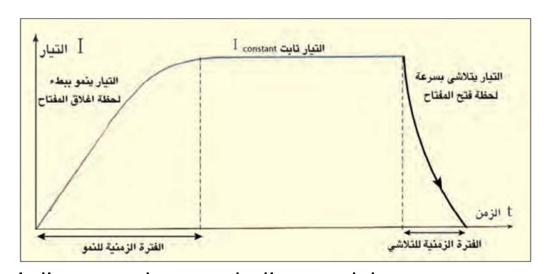
أهــداف الــدرس الدرس السابع : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

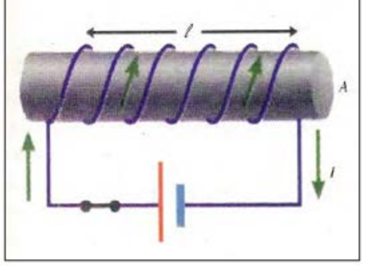
- يُفَسّرُ تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في طرفي ملف حين غلق أو فتح الدائرة الكهربائية للملف.
- يُعَرّفُ معامل الحث الذاتي للملف.
- يَسّتَنتِجُ علاقة رياضية لحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية.
- يَذكُرُ العوامل التي يعتمد عليها مقدار معامل الحث الذاتي.

2. 14 الحث الذاتي Self-inductance

لو ربطنا دائرة كهربائية تتألف من ملف وبطارية ومفتاح على التوالي، كالموضحة في الشكل (26.2أ).
نجد أنه لحظة إغلاق مفتاح هذه الدائرة يتزايد فيها مقدار التيار من الصفر إلى مقداره الثابت، الشكل (26.2ب)، والتغير في التيار المنساب في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيسي خلاله، والتغير في الفيض المغناطيسي يولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعاكس ذلك التغير تسمى قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية (ق.د.ك) التي تقاوم التغير المسبب في تولدها على وفق قانون لنز (وهو التغير الحاصل في التيار المنساب في الملف نفسه)، وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحث الذاتي. وتعرف أنها:



الشكل (26.2ب) مخطط يوضح التيار عند غلق وفتح الدائرة



الشكل (26.2أ)

"عملية تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه".

حساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية (ε_{ind}):

نفرض انسياب تيار كهربائي مستمر(I) في الملف، فإن ذلك يسبب فيضاً مغناطيسياً مقداره (Φ_B) يخترق كل لفة من لفات الملف ويتناسب مقداره طرديا مع مقدار التيار.

أي أن: $N\,\Phi_B \propto I$

فيكون: $N\,\Phi_B = I\,L$

إذ أن: (L) هي ثابت التناسب وتمثل معامل الحث الذاتي للملف، وإذا تغير التيار بمعدل زمني ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$)، فإن الفيض المغناطيسي المتولد يتغير بمعدل زمني ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$).

فيكون:

$$L\,(\Delta I / \Delta t) = N\,(\Delta \Phi_B / \Delta t)$$

وبما أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في الملف، يتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$) على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي:

$$\varepsilon_{ind} = -N\,\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

فتكون:

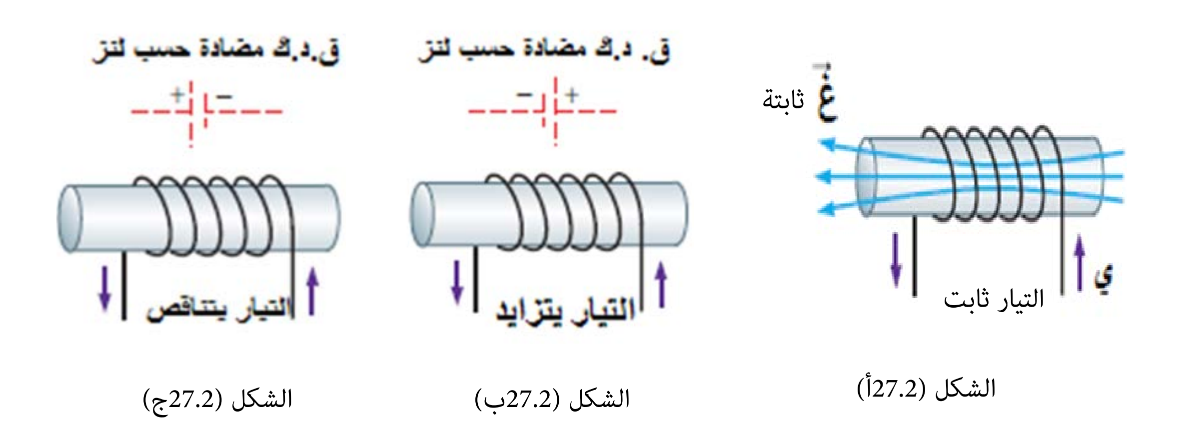
$$\varepsilon_{ind} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad 19.2$$

ومعامل الحث الذاتي لملف هو "نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة إلى المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف نفسه". ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$L = \frac{\varepsilon_{ind}}{-\,(\Delta I / \Delta t)}$$

ويقاس معامل الحث الذاتي (L) في النظام الدولي للوحدات بوحدات (فولت.ثانية\أمبير) وتسمى (هنري).
نسبة إلى الفيزيائي هنري مكتشف ظاهرة الحث الذاتي.
وفي الغالب يقاس بوحدة(مايكرو هنري) أو (ملي هنري).
ووحدة (هنري) هي وحدة معامل الحث الذاتي للملف، إذا تغير التيار فيه بمعدل (أمبير\ثانية) تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) على طرفيه مقدارها فولت واحد.
ويتوقف مقدار معامل الحث الذاتي (L) لملف على:

عدد لفات الملف وحجم الملف والشكل الهندسي للملف والنفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.
(يزداد مقدار معامل الحث الذاتي للملف حين إدخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف).
لتكون ظاهرة الحث الذاتي أكثر وضوحا عليك التمعن بالأشكال الآتية:



الشكل (27.2أ) الشكل (27.2ب) الشكل (27.2ج)

الشكل (27.2أ): يبين لنا انسياب تيار ثابت المقدار في الملف ويولد هذا التيار فيضاً مغناطيسياً ثابت المقدار في الملف، لذا لا يتسبب في تولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) على طرفي الملف. أي أن: ق.د.ك محتثة

$$\varepsilon_{ind} = L\ \Delta I / \Delta t = 0$$

فيعطى صافي الفولتية بالعلاقة:

$$V_{applied} = I_{const} .R \quad \text{.................} \quad 20.2$$

الشكل (27.2ب): يبين انسياب تيار متزايد في الملف($\Delta I / \Delta t > 0$) ، فيولد التيار المتزايد فيضاً مغناطيسياً في الملف متزايداً أيضاً، ونتيجة لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) على طرفي الملف بقطبية معاكسة للفولتية على طرفي الملف فهي تعرقل التزايد في التيار.
لذا يكون زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت كبيراً، وحينئذٍ يعطى صافي الفولتية في الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$V_{net} = V_{applied} - \varepsilon_{ind} \quad \text{.................} \quad 21.2$$

إذا كانت: ($V_{applied}$) تمثل الفولتية الموضوعة على الملف. واذا كانت مقاومة الملف (R) فإن العلاقة المذكورة آنفاً تكون:

$$V_{applied} - \varepsilon_{ind} = I_{inst} . R \quad \text{.................} \quad 22.2$$

الشكل (27.2ج) يبين انسياب تيار متناقص (Δي/Δن < 0) في الملف، فيولد التيار المتناقص فيضاً مغناطيسياً في الملف متناقصاً أيضاً، ونتيجة لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) على طرفي الملف، وتكون بالقطبية نفسها للفولتية الموضوعة على الملف وحينئذٍ يعطي صافي الفولتية في الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$V_{applied} + \varepsilon_{ind} = I_{inst} . R \quad \text{.................} \quad 23.2$$

فيكون زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت إلى الصفر صغيراً نسبة إلى زمن تناميه وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جداً.

إضاءة

إن المقاومات المصنوعة من الأسلاك تلف لفاً غير حثي. فهي تلف عادة بشكل طبقات، إذ يكون اتجاه لف النصف الأول من السلك (إحدى الطبقات) معاكساً لاتجاه لف النصف الثاني من السلك (الطبقة التي تليها). وينتج عن ذلك أن التأثيرات الحثية المتولدة في النصف الأول من السلك تلغي التأثيرات الحثية للنصف الثاني، فهي تساويها في المقدار وتعاكسها في الاتجاه وسبب ذلك أن التيار ينساب في نصفي السلك باتجاهين متعاكسين.

Example1.2 | مثال 5.2

ملف معامل حثه الذاتي (0.4 هنري) ربط إلى مصدر مستمر فرق جهده (60 فل): احسب المعدل الزمني للتغير في التيار ($\Delta I / \Delta t$). 1 - لحظة غلق الدائرة. 2 - لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت. 3 - لحظة ازدياد التيار إلى (80 %) من مقداره الثابت.

الحل:

$$V_{APP} = I_{in} + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ب

1 -لحظة الغلق.

$I = 0$

$$V_{APP} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 60 = 0.4\,L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = 150\ A/s$$

2 -لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0\ A/s \leftrightarrow \varepsilon_{ind} = 0V$$

3 -لحظة بلوغ التيار (80%) من مقداره الثابت

$$I_{ins} = \ = 80\%\ I \rightarrow R\,(I_{ins} = 80\%\ I) \therefore V_{ins} = 80\%\ V_{APP}$$

$$60 = 80\%\ 60 + 0.4\,(\Delta I/\Delta t) \rightarrow (\Delta I/\Delta t) = 60 - 48$$

$$\rightarrow (\Delta I/\Delta t) = (12/0.4) = 30\ A/s$$

ملحوظة: على الطالب حل المثال بشكل آخر.

إن معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف لا تعتمد على مقدار التيار المار نفسه بل تعتمد على المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف.

2 . 15 الطاقة المختزنة في الملف — Potential Energy in Inductance

درست في الوحدة الأولى من هذا الكتاب أن الطاقة الكهربائية (PE) المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة تتناسب طرديا مع مربع الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$PE = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 24.2$$

إذ أن: (Q) مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة، وإن (C) مقدار سعة المتسعة.

أما الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث فتكون بشكل طاقة مغناطيسية، وتتناسب هذه الطاقة طرديا مع مربع التيار الثابت (I).

فتعطى الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث بالعلاقة الاتية :

$$PE = \frac{1}{2} \times L\,I^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 25.2$$

إذ أن: (L) يمثل مقدار معامل الحث الذاتي للمحث.

و (I) يمثل مقدار التيار المنساب في المحث.

ومن الجدير بالذكر أن المحث يعد ملفاً مهمل المقاومة، وهذا يعني أن المحث لا يتسبب في ضياع طاقة.



نشاط - 3.2

يبين كيفية تقليل تأثير التيارات الدوامة المتولدة في الموصلات.

يوضح تولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية على طرفي ملف

أدوات النشاط:

بطارية ذات فولتية (9 فولت)، مفتاح، ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع، مصباح نيون يحتاج (80 فولت) ليتوهج.

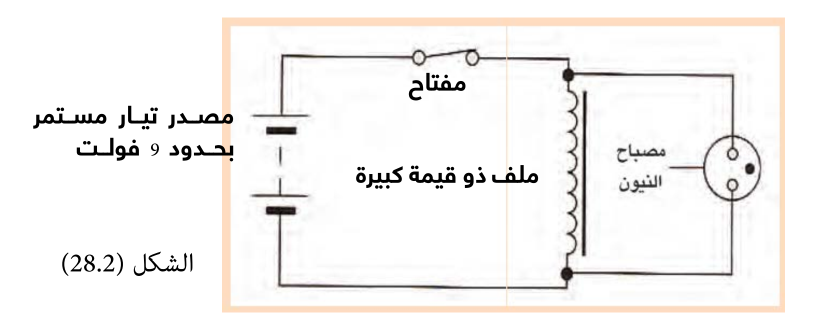
خطوات النشاط:

1 -نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض.

2 -نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف. لاحظ الشكل (28.2).

3 -نغلق دائرة الملف والبطارية بالمفتاح، فلا نلحظ توهج المصباح.

4 -نفتح دائرة الملف والبطارية بالمفتاح نلحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن، على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة.



الشكل (28.2)

نستنتج من النشاط:

أولاً: عدم توهج مصباح النيون لحظة إغلاق المفتاح كان بسبب أن الفولتية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه، وذلك لأن نمو التيار من الصفر إلى مقداره الثابت يكون بطيئاً نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز.

ثانياً: توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولتية كبيرة على طرفيه كافية لتوهجه.

وتفسير ذلك هو نتيجة التلاشي السريع للتيار في الملف, إذ تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار، فيعمل الملف في هذه الحالة مصدر طاقة يجهز المصباح بفولتية تكفي لتوهجه.

Example1.2 | مثال 6.2

ملـف معامـل حثـه الـذاتي (2.5 مـلي هـنري) وعـدد لفاتـه (500 لفـة)، ينسـاب فيـه تيـار مسـتمر(4 أمـير)، احسـب:

1 -مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة.

2 -الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف.

3 -معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا انعكس اتجاه التيار في (0.25 ث).



الحل:

1 -لدينا العلاقة:

$$N\Phi_B = L\,I$$

$$500 \times \Phi_B = 2.5 \times 10^{-3} \times 4$$

$$\Phi_B = 2.5 \times 10^{-5}\,\text{Web}$$

2 -نحسب الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف.

من العلاقة:

$$PE = \frac{1}{2} \times L\,I^2 \quad J$$

$$PE = \quad 2 \times 2.5 \times 10^{-3} \times (4)2 = 0.02j$$

3 -بانعكاس التيار يكون:

$$\varepsilon_{ind} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -\,2.5 \times 10^{-3} \times (-8 / 0.25) = 0.08V$$

أهــداف الـــدرس

الدرس الثامن : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يَسّتَنتِجُ علاقة رياضية لحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في طرفي ملف ثانوي.
- يَذكُرُ العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث المتبادل بين ملفين.
- يُمَيّزُ بين المجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة.
- يُطَبّقُ مسائل رياضية خاصة بالحث المتبادل.

2 . 16 الحث المتبادل Mutual Induction

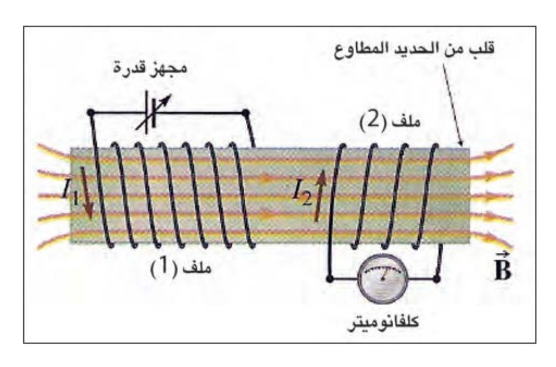
عرفت من دراستك السابقة في موضوع المغناطيسية كيف يحصل التأثير بين سلكين موصلين مستقيمين متجاورين ينساب في كل منهما تياراً مستمراً، فالتيار المنساب في أحد السلكين يولد حوله مجالاً مغناطيسياً يؤثر بقوة في التيار المنساب في الموصل الآخر.

ولكن في هذه الوحدة نود أن نعرف هل يحصل التأثير نفسه في حلقتين موصلتين مقفلتين متجاورتين (أو بين ملفين متجاورين) لو تغير التيار المنساب في إحداهما؟

الجواب عن ذلك: إن التغير في التيار المنساب في أحد هذين الملفين بإمكانه أن يحث تياراً في الملف الآخر.

ولتوضيح ذلك: نفترض وجود ملفين سلكيين متجاورين لاحظ الشكل (49) فالتيار المنساب في الملف الابتدائي (الملف (1)) يولد مجالاً مغناطيسياً $(\vec{B})$ وفيضه المغناطيسي $(\vec{\Phi}_{B1})$ يخترق الملف الثانوي (الملف (2)). فإذا تغير التيار المنساب في الملف (1) لوحدة الزمن يتغير تبعاً لذلك الفيض المغناطيسي $(\vec{\Phi}_{B2})$ الذي اخترق الملف (2) لوحدة الزمن، وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind2}) في الملف (2) ذي عدد اللفات N_2.

$$\varepsilon_{ind2} = - N2\ (\Delta\Phi_{B2} / \Delta t)$$



الشكل (29.2)

وقد تبين عملياً أن الفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف الثانوي يتناسب طردياً مع التيار المنساب في الملف الابتدائي (Δ ض$_{غ2}$ $\propto$ ي$_1$).

وبهذا يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق جميع لفات الملف الثانوي ذي عدد اللفات N_2 يتناسب طرديا مع التيار المنساب في الملف الابتدائي (I_1) فهذا يعني أن: $\Delta\Phi_{B2}\ \alpha\ I_1$

وثابت التناسب يسمى معامل الحث المتبادل (M) بين الملفين المتجاورين فيكون:

$$N_2\Phi_{B2} = M\, I_1$$

وحين يتغير التيار في الملف الابتدائي بمعدل زمني ($\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$) يتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي بمعدل زمني $N_2\Delta\Phi_{B2}$

وبما أن: $\varepsilon_{ind2} = - N2\ (\Delta\Phi_{B2} / \Delta t)$

فيمكن أن تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad \text{.................} \quad 26.2$$

إذا كان الملفان في الهواء الشكل (49) فإن معامل الحث المتبادل (M) بين الملفين يعتمد على:
ثوابت الملفين (L_1 و L_2) أي (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفوذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف)، ويعتمد كذلك على وضعية كل ملف والفاصلة بين الملفين وفي حالة وجود قلب من الحديد ومغلق بين الملفين فإن معامل الحث المتبادل (M) بين الملفين يعتمد فحسب على: ثوابت الملفين (L_1 و L_2) نتيجة لحصول الاقتران المغناطيسي التام بين الملفين كما في المحولة الكهربائية. فإن معامل الحث المتبادل بين الملفين في هذه الحالة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$M = \sqrt{L_1 \times L_2} \quad \text{.................} \quad 27.2$$

وتستثمر ظاهرة الحث المتبادل في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي للدماغ (TMS)trans cranial magnetic stimulation
إذ يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة دماغ المريض، فالمجال المغناطيسي المتغير المتولد بهذا الملف يخترق دماغ المريض مولداً قوة دافعة كهربائية محتثة فيه. وهذه تولد تياراً محتثاً يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض أعراض الأمراض النفسية مثل الكآبة.

Example1.2 | مثال 7.2

ملفـان متجـاوران ملفوفـين حـول حلقـة مقفلـة مـن الحديـد المطـاوع، ربـط بـين طـرفي الملـف الابتـدائي بطاريـة فـرق الجهـد بـين طرفيهـا (100V) ومفتـاح عـلى التـوالي. فـإذا كان معامـل الحـث الـذاتي للملـف الابتـدائي (0.5H). ومقاومتـه (20Ω) فاحسـب مقـدار:

1 -المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة إغلاق الدائرة.

2 -معامـل الحـث المتبـادل بـين الملفـين إذا تولـدت قـوة دافعـة كهربائيـة محتثـة بـين طـرفي الملـف الثانـوي مقدارهـا (40V) لحظـة إغـلاق المفتـاح في دائـرة الملـف الابتـدائي.

3 -التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد إغلاق الدائرة.

4 -معامل الحث الذاتي للملف الثانوي.

ب

الحل:

1 - في دائرة الملف الابتدائي لدينا العلاقة الآتية:

$$V_{appliad}=L\frac{\Delta I_1}{\Delta t}+I_{ins}R$$

يكون $(I_{ins}=0)$ لحظة إغلاق المفتاح

$$100=0.5\frac{\Delta I_1}{\Delta t}+0 \qquad \frac{\Delta I_1}{\Delta t}=100/0.5=200A/S$$

2 -لحساب معامل الحث المتبادل بين الملفين لدينا العلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ind(2)}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

وبمـا أن التيـار في دائـرة الابتـدائي يكـون متزايـداً $(\Delta I_1 / \Delta t > 0)$ لحظـة إغـلاق المفتـاح فـإن (ε_{ind2}) تكـون بإشـارة سـالبة:

$$-40=-M\times200$$

$$M=-40/-200=0.2H$$

3 -لحساب التيار الثابت:

$$I=V_{appliad}/R=100/20=5A$$

4 -بما أن الترابط المغناطيسي بين الملفين يكون تاماً في حالة الملفين الملفوفين حول حلقة من الحديد المطاوع فإن:

$$M=\sqrt{L_1\times L_2}$$

$$0.2=\sqrt{0.5\times L_2}$$

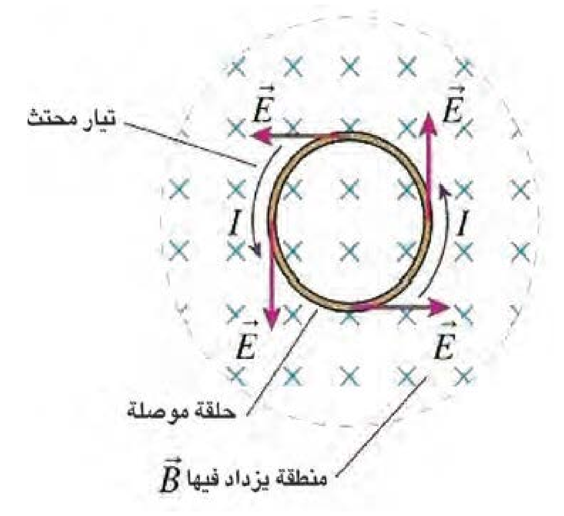
$$0.04=0.5\times L_2 \qquad L_2=0.04/0.5=0.08H$$

2 . 17 المجالات الكهربائية المحتثة

من دراستنا لموضوع الحث الكهرومغناطيسي عرفت كيف أن تياراً محتثاً ينساب في حلقة موصلة مقفلة. ولكن بقي الجزء المهم في هذا الموضوع مفقوداً حتى الآن، وهو الذي يقودنا إلى مجموعة من الأسئلة، منها ما سبب هذا التيار؟ وما القوى التي تدفع الشحنات الكهربائية لتحريكها في تلك الحلقة؟

وللإجابة عن تلك الأسئلة نقول إن الذي يتسبب في حركة الشحنات هي المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية. فالقوى المغناطيسية تكون مسؤولة عن توليد القوة الدافعة الكهربائية الحركية في الموصل المتحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت. ولكن هذه القوى لا تعطينا أي تفسير للتيارات المحتثة في حلقة موصلة مغلقة ثابتة في موضعها نسبة إلى المجال المغناطيسي متغير المقدار.

والشكل (30.2) يوضح حلقة موصلة مقفلة موضوعة في حالة سكون داخل فيض مغناطيسي متزايد في المقدار، لذا ينساب فيها تيار محتث على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي، أما اتجاه هذا التيار فيتحدد على وفق قانون لنز، فيكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة، وحركة الشحنات الكهربائية داخل الحلقة هو نتيجة لتولد مجال كهربائي يؤثر فيها باتجاهات مماسية دائماً، المجال الكهربائي هذا يسمى المجال الكهربائي المحتث.



الشكل (30.2)

والمجال الكهربائي المحتث هذا يتولد نتيجة للتغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الحلقة.

وقد عرفنا سابقاً أن المجال الكهربائي المحتث هو العامل الأساسي في نشوء التيار المحتث في الحلقة الموصلة الساكنة نسبة إلى فيض مغناطيسي متغير المقدار. وبما أن كل المجالات الكهربائية التي درستها سابقاً كانت تنشأ بالشحنات الكهربائية الساكنة ومثل هذه المجالات تسمى مجالات كهربائية مستقرة (electrostatic fields) أما المجالات الكهربائية التي تنشأ بالتغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي فتسمى مجالات كهربائية غير مستقرة (Nonelectrostatic fields).

إضاءة

من التطبيقات العملية للمجالات الكهربائية المحتثة:

أ) السيارات المهجنة التي تمتلك المحركين كليهما، محرك الكازولين والمحرك الكهربائي والتيارات المحتثة الناتجة في دائرتها الكهربائية تستثمر في إعادة شحن بطارية السيارة.

ب) في بعض الطائرات التي تستثمر التيارات المحتثة المتولدة في دائرتها الكهربائية على إبقاء محركها في حالة اشتغال حتى بعد عطل أي نظام كهربائي فيها.

2 . 18 بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

1 -بطاقة الائتمان Credit Card

حين تحريك بطاقة الائتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة أمام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولتية تحتوي على المعلومات. لاحظ الشكل (31.2).

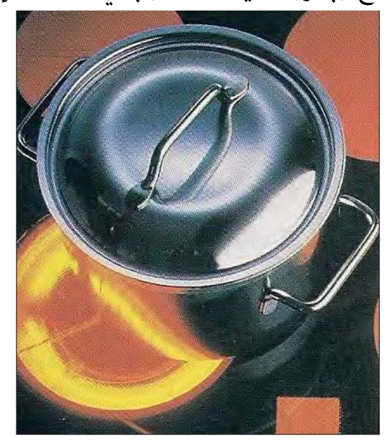


الشكل (31.2)

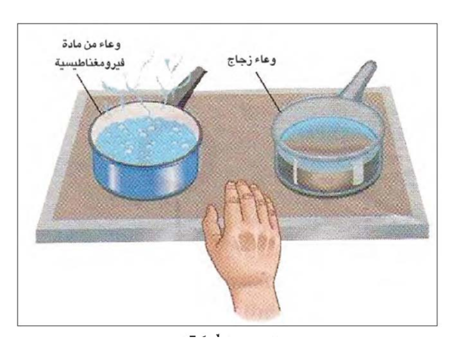


2 -الطباخ الحثي Induction stove

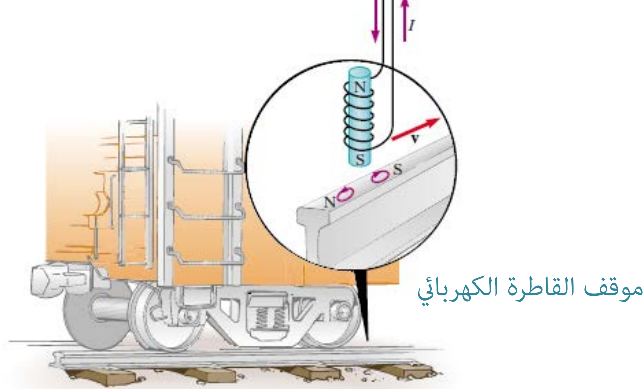
تستثمر ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي في عمل هذا النوع من الطباخات، إذ يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالاً مغناطيسياً متناوباً ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب في قاعدة الإناء إذا كان مصنوعاً من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الإناء المعدني لاحظ الشكل (32.2أ)، وبذلك تسخن قاعدة الإناء فيغلي الماء الذي يحتويه. أما إذا كان الوعاء من الزجاج فلا تتولد تيارات دوامة في قاعدته لأن الزجاج مادة عازلة ولا يسخن الماء الذي يحتويه لاحظ الشكل (32.2ب). والمثير في الأمر أنا لو لمسنا السطح العلوي للطباخ الحثي لا نشعر بسخونة السطح.



الشكل (32.2أ)



الشكل (32.2ب)



1 -تتعـرض الشـحنة الكهربائيـة الواقعـة ضمـن مجـال كهربـائي إلى قـوة كهربائيـة (قـوة كولـوم) تعطـى بالعلاقـة الاتيـة $(\vec{F}_E = q\vec{E})$ (تأثـير المجـال الكهربـائي يكـون عـلى الشـحنة سـواءً الشـحنة كانـت سـاكنة أم متحركـة)

2 -تتعـرض الشـحنة الكهربائيـة المتحركـة ضمـن مجـال مغناطيـسي إلى قـوة مغناطيسـية, والصيغـة الاتجاهيـة للقـوة المغناطيسـية هـذه تعطـى بالعلاقـة الآتيـة: $\vec{F}_B = q(\vec{V} \times \vec{B})$ (تأثـير المجـال المغناطيـسي يكـون عـلى الشـحنة إذا كانـت متحركـة فقـط)

3 -لتعيـين اتجـاه القـوة المغناطيسـية $(\vec{F}_B)$ نطبـق قاعـدة الكـف اليمنـى، (يكـون اتجـاه المجـال المغناطيـسي $(\vec{B})$ مـن وسـط الكـف اليمنـى باتجـاه السـاعد، ويكـون اتجـاه السرعـة (س) باتجـاه التفـاف أصابـع الكـف اليمنـى نحـو اتجـاه المجـال المغناطيـسي $(\vec{B})$ فيشـير الإبهـام إلى اتجـاه القـوة $(\vec{F}_B)$ الناتجـة.

4 -لحسـاب مقـدار القـوة المغناطيسـية $(\vec{F}_B)$. نطـبق العلاقـة الآتيـة: $F_B=qvB \sin\theta$ إذ أن (θ) تمثـل الزاويـة بـين متجـه السرعـة $(\vec{V})$ ومتجـه كثافـة الفيـض المغناطيـسي $(\vec{B})$

5 -وبمـا أن القـوة المغناطيسـية $(\vec{F}_B)$ تكـون عموديـة عـلى كل من $\vec{B}$, $\vec{V}$ فهـي إمـا أن تكـون باتجـاه القـوة الكهربائيـة $(\vec{F}_E)$ أو باتجـاه معاكـس لهـا.

إن محصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز (Lorentz Force) وتعطى قوة لورنز بالعلاقة الآتية:

$$\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$$

6 -اكتشـاف فـراداي: يتولـد تيـار محتـث في دائـرة كهربائيـة مقفلـة (مثـل ملـف سـلكي أو حلقـة موصلـة)، فحسـب حـين يحصـل تغـير في الفيـض المغناطيـسي الـذي يخـترق تلـك الدائـرة لوحـدة الزمـن.

$$\varepsilon_{ind} = \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

7 -نحصـل عـلى قـوة دافعـة كهربائيـة محتثـة حـين تحريـك سـاق موصلـة داخـل مجـال مغناطيـسي منتظـم تسـمى بالقـوة الدافعـة الكهربائيـة الحركيـة، وهـذه تعـد حالـة خاصـة مـن حـالات الحـث الكهرومغناطيـسي. وتعطـى بالعلاقـة $F_B=qvB \sin\theta$.

8 -القـوة الدافعـة الحركيـة المتولـدة عـلى طـرفي موصـل طولـه (ℓ) متحـركا بسرعـة (v) عموديـاً عـلى اتجـاه كثافـة الفيـض المغناطيـسي $(\vec{B})$ تعطـى بالعلاقـة الآتيـة: $\varepsilon_{motional} = vB\ell$

9 -إن المعـدل الزمنـي للشـغل المنجـز في تحريـك السـاق الموصلـة في المجـال المغناطيـسي يسـاوي تمامـاً القـدرة المتبـددة في المقاومـة الكليـة لهـذه الدائـرة بشـكل حـرارة أو أي نـوع مـن القـدرة في الحمـل. وهـذا يعـد تطبيقـاً لقانـون حفـظ الطاقـة.

10 -مجـال مغناطيـسي كثافـة فيضـه $(\vec{B})$ منتظمـة يخـترق حلقـة موصلـة ومتجـه مسـاحتها السـطحية $(\vec{A})$ يصنـع زاويـة حـادة قياسـها (θ) مـع متجـه $(\vec{B})$ ففـي هـذه الحالـة يعطـى الفيـض المغناطيـسي (Φ_B) الـذي يخـترق تلـك المسـاحة بالعلاقـة الآتيـة: $\Phi_B = \vec{A} \cdot \vec{B}$ ومقداره $\Phi_B = BA\cos\theta$

11 -يعـد قانـون لنـز الطريقـة الملائمـة التـي يعـين بهـا اتجـاه التيـار المحتـث. حسـب قاعـدة الكـف اليمنـى حيـث لـف أصابـع الكـف يكـون باتجـاه التيـار المحتـث وابهـام الكـف يكـون باتجـاه القطـب الشـمالي المحتـث.

12 -اكتشـف ظاهـرة التيـارات الدوامـة الفيزيـائي الفرنـسي فوكـو لذلـك تسـمى احيانـاً باسـمه وهـي تنشـأ مـن حركـة موصـل في مجـال مغناطيـسي أو مـن تغـير الفيـض المغناطيـسي المـار في موصـل سـاكن. فالتيـارات المحتثـة

الناتجة تكون كبيرة عادة بسبب صغر المقاومة الكهربائية للموصل، وتكون التيارات الدوامة المحتثة بشكل دوائر كهربائية مقفلة تدور في مستويات عمودية على الفيض المغناطيسي, وبتطبيق قاعدة الكف اليمنى يمكن تعيين اتجاه التيار المحتث.

13 -بعض استثمارات التيارات الدوامة:

أ) صهر المعادن وفي الأفران الحثية.

ب) كبت (إخماد) اهتزاز المؤشر في بعض المقاييس الكهربائية الحساسة.

ج) تستثمر في مكابح بعض القطارات الحديثة.

د) كذلك تستثمر في كاشفات المعادن المستعملة حديثاً في نقاط التفتيش الأمنية وبخاصة في المطارات.

14 -تعمل المولدات الكهربائية على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بتأثير مجال مغناطيسي. وتكون المولدات الكهربائية نوعين:

أ) مولد التيار المتناوب ac (أحادي الطور أو ثلاثي الطور).

ب) مولد التيار المستمر dc.

15 -تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في مولد على طرفي ملف بالعلاقة الآتية:

$\varepsilon_{ind} = NBA\,\omega \sin(\omega t)$ إذ أن: $\omega = 2\pi f$

16 -يكون التيار الخارج من ملف هذا المولد، تياراً متناوباً جيبي الموجة و يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I = I_{max} \sin(\omega t)$$

17 -مولد التيار المتناوب ذو الاطوار الثلاثة يتألف من ثلاثة ملفات حول النواة تربط ربطاً نجمياً وتفصل بينهما زوايا متساوية قياس كل منها (120°) وتربط أطرافها الأخرى مع سلك يسمى بالسلك المتعادل (أو الخط الصفري) والتيار الخارج من هذا المولد ينقل بثلاثة خطوط.

18 -لكي نجعل مولد التيار المتناوب يولد تياراً في الدائرة الخارجية باتجاه واحد (يحافظ على اتجاهه ثابتاً)، يتطلب أن نرفع الحلقتين المعدنيتين (حلقتا الزلق) ونضع في طرفي الملف حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلاً كهربائياً تسميان المبادل.

19 -يتركب محرك التيار المستمر من الأجزاء نفسها التي يتركب منها مولد التيار المستمر ولكن يعمل عكس عمل المولد، إذ يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بتوافر مجال مغناطيسي.

20 -محرك التيار المتناوب جهاز يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حركية مستعملاً التيار المتناوب, ويتكون من

1 -النواة: (the armature of rotor) الجزء الدوار من المحرك وهو عبارة عن أسطوانة تتكون من عدة مغانط مرصوصة حول محور من الحديد مثبت على مضاجع كروية لتسهيل الحركة.

2 -الجزء الثابت (the stator): ويتكون من مغانط كهربائية عددها زوجي (ملفات سلكية معزولة حول صفائح من الحديد معزولة كهربائياً وحرارياً) تكون أسطوانة مجوفة تحيط بالنواة.

21 -تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نواة المحرك تسمى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}). وتسميتها بالمضادة لأنها تكون معاكسة للمسبب الذي ولدها على وفق قانون لنز، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{back} = N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

22 -الحث الذاتي "عملية تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه". وتعطى بالعلاقة: $\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

23 -الطاقة الكهربائية المختزنة في ملف تعطى بالعلاقة الآتية:

$$PE = \frac{1}{2} L^2$$

24 -الحـث المتبـادل هـو عمليـة توليـد قـوة دافعـة كهربائيـة في ملـف ثانـوي نتيجـة تغـير التيـار الكهربـائي في ملـف ابتـدائي بينهـما تواشـج مغناطيـسي. تعطـى القـوة الدافعـة الكهربائيـة المحتثـة في الملـف الثانـوي بالعلاقـة الآتيــة:

$$\varepsilon_{ind(2)} = M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

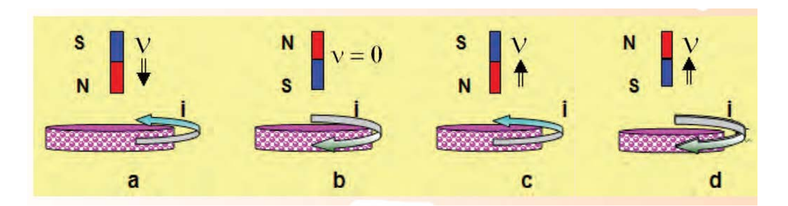
25 -المجـال الكهربـائي المحتـث يتولـد نتيجـة للتغـيرات الحاصلـة في الفيـض المغناطيـسي لوحـدة الزمـن الـذي يخـترق الموصـل

26 -المجـالات الكهربائيـة التـي تنشـأ بالتغـيرات الحاصلـة في الفيـض المغناطيـسي تسـمى مجـالات كهربائيـة غـير مسـتقرة.

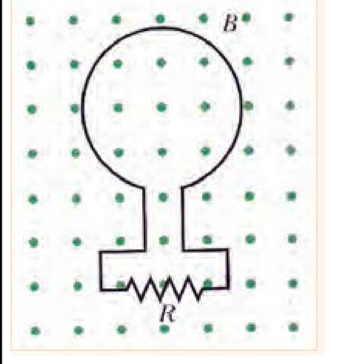
اسئلة الوحدة 2

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1 -أي من الاشكال الآتية لاحظ الشكل (33.2) يتبين فيه الاتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المحتث في الحلقة الموصلة:



الشكل (33.2)



الشكل (34.2)

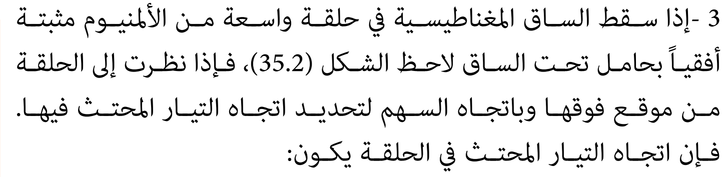
2 -في الشكل (58) حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصولة مع المقاومة (R) سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوي الورقة، خارجا من الورقة. في أي حالة من الحالات الآتية ينساب تيار محتث في المقاومة (R) اتجاهه من اليسار نحو اليمين:

أ) حين تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

ب) حين تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

ج) حين ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

د) الاحتمالات المذكورة آنفاً جميعها. الشكل (34.2)



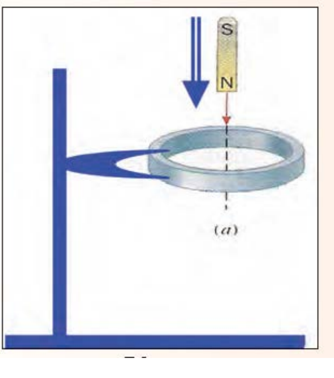
3 -إذا سقط الساق المغناطيسية في حلقة واسعة من الألمنيوم مثبتة أفقياً بحامل تحت الساق لاحظ الشكل (35.2)، فإذا نظرت إلى الحلقة من موقع فوقها وباتجاه السهم لتحديد اتجاه التيار المحتث فيها. فإن اتجاه التيار المحتث في الحلقة يكون:

أ) دائماً باتجاه دوران عقارب الساعة

ب) دائماً باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة

ج) باتجاه دوران عقارب الساعة، ثم يكون صفراً للحظة، ثم يكون باتجاه معاكساً لدوران عقارب الساعة.

د) باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة، ثم يكون صفراً للحظة، ثم يكون باتجاه دوران عقارب الساعة.



الشكل (35.2)

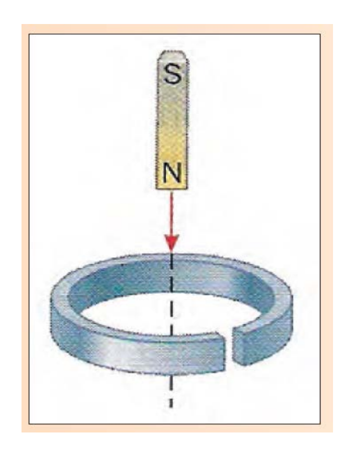
4 -إذا سـقط السـاق المغناطيسـية في حلقـة مـن الألمنيـوم موضوعـة أفقيـاً تحـت السـاق لاحـظ الشـكل (36.2):

أ) تتأثـر السـاق بقـوة تنافـر أثنـاء اقترابهـا مـن الحلقـة، ثـم تتأثـر بقـوة تجـاذب أثنـاء ابتعادهـا عـن الحلقـة.

ب) تتأثـر السـاق بقـوة تجـاذب أثنـاء اقترابهـا مـن الحلقـة، ثـم تتأثـر بقـوة تنافـر أثنـاء ابتعادهـا عـن الحلقـة.

ج) لا تتأثـر السـاق بأيـة قـوة أثنـاء اقترابهـا مـن الحلقـة، أو أثنـاء ابتعادهـا عـن الحلقـة.

د) تتأثـر السـاق بقـوة تنافـر أثنـاء اقترابهـا مـن الحلقـة، وكذلـك تتأثـر بقـوة تنافـر أثنـاء ابتعادهـا عـن الحلقـة.



الشكل (36.2)

5 -تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين حينما:

أ) تسحب ساق مغناطيسية بعيداً عن وجه الملف.

ب) يوضع هذا الملف بجوار ملف آخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.

ج) ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.

د) تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم.

6 -مقـدار القـوة الدافعـة الكهربائيـة المحتثـة عـلى طـرفي سـاق موصلـة تتحـرك نسـبة إلى مجـال مغناطيـسي في حالـة سـكون لا يعتمـد عـلى:

أ) طول الساق. ب) قطر الساق. ج) وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي.

د) كثافة الفيض المغناطيسي.

7 -حينـما تقـل السرعـة الزاويـة لـدوران ملـف نـواة المحـرك الكهربـائي نتيجـة لازديـاد الحمـل الموصـول مـع ملفـه تتسـبب في هبـوط مقـدار:

أ) القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة.

ب) الفولتية الموضوعة على طرفي ملف النواة.

ج) التيار المنساب في دائرة المحرك.

د) فرق الجهد الضائع (IR) بين طرفي ملف النواة.

8 -يمكـن أن يسـتحث تيـار كهربـائي في حلقـة موصلـة ومقفلـة في العمليـات الآتيـة ماعـدا واحـدة منهـا. فالعمليـة التـي لا يسـتحث فيهـا التيـار هـي:

أ) حلقة موصلة ومقفلة تدور حول محور موازٍ لمستواها وعمودي على فيض مغناطيسي منتظم.

ب) وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها موازٍ لفيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن.

ج) وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها عمودياً على فيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن.

د) وضع حلقة موصلة ومقفلة، متجه مساحتها موازٍ لفيض مغناطيسي منتظم كبست من جانبيها المتقابلين.

9 -وحدة قياس الفيض المغناطيسي هي:

أ) (ويبر).

ب) (ويبر\ث).

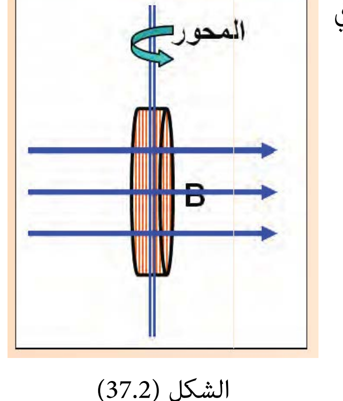
ج) (ويبر\م^2).

د) (ويبر.ث).

10 -في الشكل (37.2)، حين تدور حلقة موصلة حول محور شاقولي موازٍ لوجهها ومارّاً من مركزها والمحور عمودي على فيض مغناطيسي أفقي ومنتظم . فإن قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تكون دالة جيبية تتغير مع الزمن وتنعكس مرتين في كل:

أ)دورة واحدة. ب) ربع دورة.

ج) نصف دورة. د) دورتين.



الشكل (37.2)

11. معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على:

أ) عدد لفات الملف. ب) الشكل الهندسي للملف. ج) المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف. د) النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

س2/ علل:

1 -يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة، ولا يتوهج حين إغلاق المفتاح.

2 -يغلي الماء داخل الإناء المعدني الموضوع على السطح العلوي لطباخ حثي ولا يغلي الماء الذي في داخل إناء خارجي موضوع مجاور له وعلى السطح العلوي للطباخ نفسه.

3 -إذا تغير تيار كهربائي منساب في أحد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الآخر.

س3/ وضح كيف يمكنك عملياً معرفة فيما إذا كان ثمة مجال مغناطيسي أو مجال كهربائي موجود في حيز معين؟

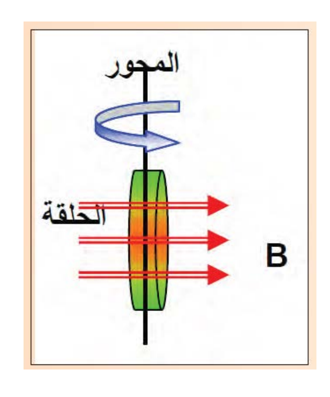
س4/ عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B)منتظمة. فإن الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بشكل دالة جيب تمام {$\Phi_B = BA\cos(\omega t)$}في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي هذا الملف بشكل دالة جيبية ($\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\omega t)$) وضح ذلك بطريقة رياضية.

س5/ ما المقصود بالمجالات الكهربائية غير المستقرة؟

س6/ اذكر عدداً من المجالات التي تستثمر فيها التيارات الدوامة، وضح كل منها.

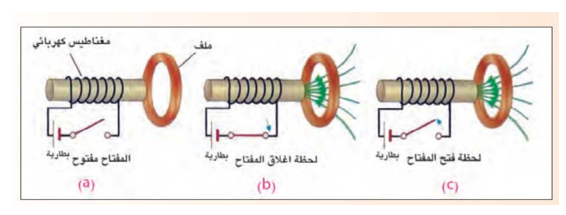
س7/ إذا تحركت الساق الموصلة في الشكل (38.2)، في مستوي الورقة أفقياً نحو اليسار داخل مجال مغناطيسي منتظم مسلط عمودياً على الورقة متجها نحو الناظر، يتولد مجال كهربائي داخل الساق يتجه نحو الطرف ، أما إذا تحركت هذه الساق نحو اليمين وداخل

المجال المغناطيسي نفسه فينعكس اتجاه المجال الكهربائي في داخلها باتجاه الطرف ، ما تفسير ذلك؟



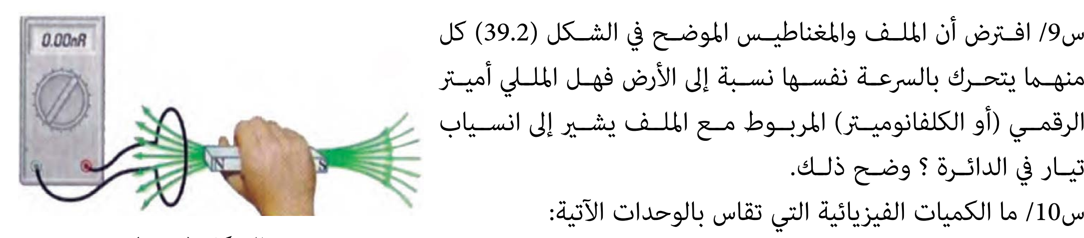
الشكل (38.2)

س8/ عين اتجاه التيار المحتث في الحلقة المقابلة للملف السلكي من جهة اليمين في الاشكال الثلاثة الآتية لاحظ الشكل (65)الشكل (39.2)



الشكل (39.2)

س9/ افترض أن الملف والمغناطيس الموضح في الشكل (39.2) كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة إلى الأرض فهل الملي أميتر الرقمي (أو الكلفانوميتر) المربوط مع الملف يشير إلى انسياب تيار في الدائرة ؟ وضح ذلك.



الشكل (39.2)

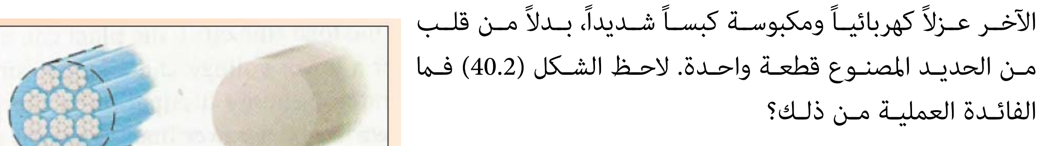
س10/ ما الكميات الفيزيائية التي تقاس بالوحدات الآتية:

a- Weber b- Weber/m2 c- Weber/s d-Teslla e- Henry

س11/ كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم؟

س12/ شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي منتظم كثافة فيضه كبيرة وبمستوي شاقولي وكان مستوي الصحيفة عمودياً على الفيض المغناطيسي. وحين سحبت الصفيحة أفقياً بسرعة معينة لإخراجها من المجال وجد أن عملية السحب تتطلب تسليط قوة معينة. ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد مقدار تلك السرعة ما تفسير الحالتين؟

س13/ في معظم الملفات يصنع القلب بشكل سيقان متوازية من الحديد المطاوع معزول بعضها عن البعض الآخر عزلاً كهربائياً ومكبوسة كبساً شديداً، بدلاً من قلب من الحديد المصنوع قطعة واحدة. لاحظ الشكل (40.2) فما الفائدة العملية من ذلك؟



الشكل (40.2)

2 مسائل الوحدة

س1/ ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40 لفة) ونصف قطره (30 سم)، وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي، لاحظ الشكل (70) فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة في الملف من (0.0 تسلا)إلى (0.5 تسلا) في زمن قدره (4 ث).

فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف حين يكون:

أ) متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي.

ب) متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوي الملف.

س2/ ملف لمولد دراجة هوائية قطره (4 سم) وعدد لفاته (50 لفة) يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (تسلا 1/ط) وكان أعظم مقدار للفولتية المحتثة على طرفي الملف(16 فولت) والقدرة العظمى المجهزة للحمل المربوط مع المولد(12 واط). ما مقدار:

1 -السرعة الزاوية التي تدور بها نواة المولد.

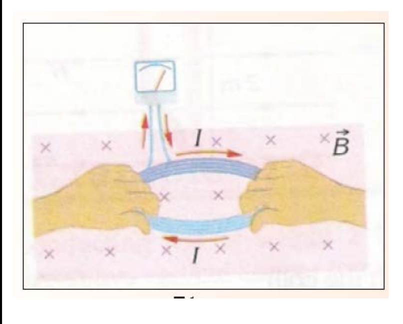
2 -المقدار الأعظم للتيار المنساب في الحمل.

س3/ ملف سلكي مستطيل الشكل عدد لفاته (50 لفة) وأبعاده(4 سم ، 10 سم)، يدور بسرعة زاوية منتظمة مقدارها(15 πrad / s)، داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8 ويبر\م^2)، احسب:

1 -المقدار الأعظم للقوة الداقعة الكهربائية المحتثة في الملف.

2 -القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة في الملف بعد مرور(1/90 ث) من الوضع الذي كان مقدارها يساوي صفراً.

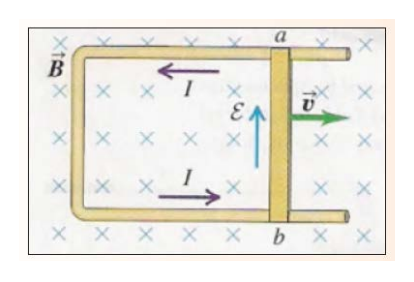
س4/ في الشكل (40.2) حلقة موصلة دائرية مساحتها(626 سم^2) ومقاومتها (9 هم) موضوعة في مستوى الورقة، سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه(0.15 تسلا) باتجاه عمودي على مستوى الحلقة. وسحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها (26 سم^2) في مدة زمنية(0.2 ث) احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة.



الشكل (40.2)

س5/ افرض أن الساق الموصلة في الشكل (41.2) طولها (0.1 م)، ومقدار السرعة التي يتحرك بها (2.5 م\ث) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها (0.03 هم) وكثافة الفيض المغناطيسي (0.6 تسلا), احسب مقدار:


1 -القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق.
2 -التيار المحتث في الحلقة.
3 -القوة الساحبة للساق.
4 -القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.



الشكل (41.2)

س6/ إذا كانـت الطاقـة المغناطيسـية
المختزنـة في ملـف تسـاوي (360 جـول) حـين كان مقـدار التيـار المنسـاب فيـه (20 أمبـير). احسـب:
1 -مقدار معامل الحث الذاتي للمحث.
2 -معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا انعكس التيار في (0.1 ث)

س7/ ملفـان متجـاوران بينهـما ترابـط مغناطيـسي تـام، وكان معامـل الحـث الـذاتي للملـف الابتـدائي (0.4 هـنري) ومقاومتـه (16 اوم) ومعامـل الحـث الـذاتي للملـف الثانـوي (0.9 هـنري). الفولتيـة الموضوعـة في دائـرة الملـف الابتـدائي (200 فولـت)، احسـب مقـدار:
التيـار الآني والمعـدل الزمنـي لتغـير التيـار في دائـرة الملـف الابتـدائي لحظـة ازديـاد التيـار فيهـا إلى (80%) مـن مقـداره الثابـت، والقـوة الدافعـة الكهربائيـة المحتثـة عـلى طـرفي الملـف الثانـوي في تلـك اللحظـة.

تفكر و تدبر



- ما نوع التيار الكهربائي الواصل إلى بيتك من المحول الكهربائي الموجود في الشارع؟
- هل جميع الأجهزة الكهربائية التي في بيتك تعمل على نوع واحد من التيار الكهربائي؟
- ما أهم المكونات الكهربائية الأساسية التي تحتويها أغلب الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل؟
- الكثير من البلدان تستعمل نوعاً معيناً من التيارات الكهربائية لنقل طاقتها الكهربائية إلى مناطق الاستهلاك؟ هل تدبرت السبب في ذلك؟
- هل فكرت في الفرق بين التيار الكهربائي الذي تعطيه بطارية السيارة عن التيار الكهربائي المستخدم في المنزل؟
- يطلق على خطوط النقل الكهربائي بخطوط التوتر العالي (خطوط الضغط العالي). لماذا؟
- هل التيار الكهربائي ينشأ فقط نتيجة حركة الشحنات الكهربائية في موصل؟

الوحدة 3

التيار المتناوب

مفردات الوحدة

الأهداف

بعد دراسة الوحدة ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يَصف دوائر التيار المتناوب.
- يُعَرّف المقدار المؤثر للتيار المتناوب.
- يُطبق بعلاقة رياضية المقدار المؤثر للفولطية.
- يُجري تجربة يُوضح فيها تغير التيار المتناوب ومعامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث.
- يَستنتج قانون معامل القدرة.
- يَشرح الاهتزاز الكهرومغناطيسي.
- يُعَرّف عامل النوعية.

الرمز والمصطلح العلمي



Scientific Terms	المصطلحات العلمية
Alternating current	التيار المتناوب
Direct current	التيار المستمر
Effective current	التيار المؤثر
Root mean square current	جذر معدل مربع التيار
Instantaneous current	التيار الآني
Instantaneous potential difference	فرق الجهد الآني
Maximum potential difference	فرق الجهد الأعظم
Sinusoidal potential difference	فرق الجهد جيبي الشكل
Phase angle	زاوية الطور
Phase difference angle	زاوية فرق الطور
Angular frequency	التردد الزاوي
Frequency	التردد
Pharos diagram	المخطط الطوري
Pure resistance	مقاومة صرف
Pure inductor	محث صرف
Reactance	الرادة
Capacitive reactance	رادة السَعَة
Inductive reactance	رادة الحث
Average power	القدرة المتوسطة
Dissipated power	القدرة المستهلكة
Resonance	الرنين
Power factor	عامل القدرة
Quality factor	عامل النوعية

الكميـــــات الفيزيائـــــية الـــواردة في الـــوحدة ورمـــــوزها

Quantities	الرمز العالمي	الكمية الفيزيائية
Frequency	f	التردد
Maximum Voltage	Vm	الفولطية العظمى
Maximum Current	Im	التيار الأعظم
Angular Frequency	ω	التردد الزاوي
Phase angle	θ	زاوية الطور
Phase difference angle	Φ	زاوية فرق الطور
Effective value for the .A. C	I_{eff}	المقدار المؤثر للتيار المتناوب
Average power	Pav	القدرة المتوسطة
Root mean square current	Irms	جذر معدل مربع المقدار
Selfe Inductance Factor	L	معامل الحث الذاتي
Inductive reactance	XL	رادة الحث
Induced Electromotive Force	ε_ind	القوة الدافعة الكهربائية المحتثة
Electrical Capacitance	C	السعة الكهربائية
Capacitive reactance	XC	رادة السعة
Electric Charge		الشحنة الكهربائية
Impedance	Z	الممانعة الكلية للدائرة
Real Power		القدرة الحقيقية
A ppearance Power	P_{app}	القدرة الظاهرية
Power factor		عامل القدرة
Resonance Frecuancy	fr	التردد الرنيني
Angular Resonance Freuancy	ω_r	التردد الزاوي الرنيني
Quality Factor	Qf	عامل النوعية
Band Angular Frecuancy	Δω	نطاق التردد الزاوي



Alternating current

التيار المتناوب

3

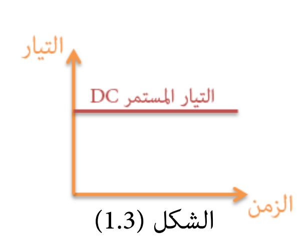
أهـــداف الـــدرس

الدرس الأول : (حصة واحدة)

- يُوضّح لماذا هناك أفضلية في نقل الطاقة الكهربائية بشكل تيار متناوب؟
- يَشرح لماذا هناك فرق الطور في الدوائر المتناوبة؟

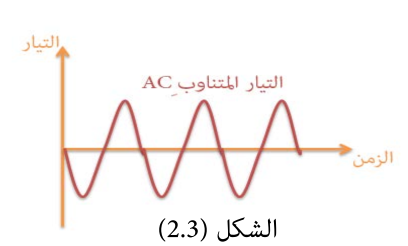
مُقدّمَة

في دراستنا السابقة للكهربائية كان جل اهتمامنا بالتيارات المستمرة وهي التيارات التي تنساب في الدوائر الكهربائية المقفلة باتجاه واحد. والتي تولدها البطاريات ومولدات التيار المستمر ولاحظ الشكل (1.3). ويرمز للتيار المستمر بـ(DC) .



الشكل (1.3)

أما الطاقة الكهربائية التي تستثمر في البيوت والمصانع والمدارس لتشغيل معظم الاجهزة الكهربائية (التلفاز، أجهزة التكييف، الثلاجة وغيرها) فتولد في محطات انتاج الطاقة الكهربائية بوساطة مولدات ضخمة للتيار المتناوب، وهو تيار يتغير دورياً مع الزمن وينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة، لاحظ الشكل (2.3) يرمز له بـ (AC).



الشكل (2.3)

يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية لسهولة نقله إلى مسافات بعيدة بأقل خسائر بالطاقة، وكذلك يستفاد من التيار المتناوب في إمكانية تطبيق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ولهذا السبب تستعمل المحولة الكهربائية في عملية رفع أو خفض الفولطية المتناوبة عند نقلها في شبكات توزيع القدرة الكهربائية.إذ ترسل القدرة الكهربائية بفولطية عالية وتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة لغرض تقليل خسائر القدرة في الأسلاك الناقلة (RI^2) والتي تظهر بشكل حرارة في حين تستعمل المحولات الخافضة في مواقع استهلاكها في المدن والتي تعمل على خفض الفولطية ورفع التيار. وكذلك سهولة تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر بوساطة دائرة إلكترونية بسيطة.

3 . 2 دوائر التيار المتناوب

لقد عرفنا في الوحدة الثانية أنه عند دوران ملف بسرعة زاوية منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم نحصل على فولطية محتثة (V_{ind}) متناوبة جيبية الموجة تعطى العلاقة الآتية:

$$V = V_m \sin(\omega t)$$

V: تمثل الفولطية المحتثة الآنية (اللحظية).

V_m: تمثل أعظم مقدار للفولطية المحتثة وتسمى بذروة الفولطية.

ونحصل على (V_m) في اللحظة التي تكون حينها زاوية الطور ($\omega t=\frac{\pi}{2}$) وبما أن { $\sin(\frac{\pi}{2})=1$ }، فنحصل حينئذٍ على:

$$V=V_m$$

يتغير مقدار الفولطية الآنية (V) وينعكس اتجاهها دورياً مع الزمن بين ($+V_m$) و ($-V_m$) مرتين في الدورة الواحدة. لاحظ الشكل (3.3).

وبما أن التردد الزاوي (ω) يساوي ($\omega t= 2\pi ft$) فإنَّ هذه الفولطية يمكن أن تعطى بالصيغة الآتية:

$$V = V_m \sin(2\pi ft)$$

وعلى وفق قانون اوم فإنَّ التيار:

$$I=(\frac{V_m}{R})\sin(\omega t)$$

الشكل (3.3)

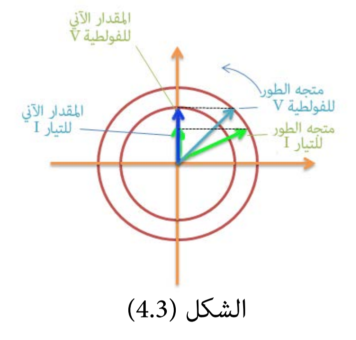
لذا فإنَّ التيار المنساب في دائرة تيار متناوب الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (مقاومة مثالية) يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I = I_m \sin(\omega t)$$

وهو دالة جيبية أيضاً، إذ أنّ: (I) يمثل التيار الآني، (I_m) يمثل المقدار الأعظم للتيار.

للتعامل مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدوائر الكهربائية، نرسم مخططا يسمى مخطط متجه الطور، ويسمى أحياناً (المتجه الدوار).

للتعامـل مـع الفولطيـة المتناوبـة والتيـار المتنـاوب في الدوائـر الكهربائيـة، نرسـم مخططـا يسـمى مخطـط متجـه الطـور، ويسـمى أحيانـاً (المتجـه الـدوار).



الشكل (4.3)

متجه الطور:

الشكل (4.3) يُوضح متجهين طوريين يدور كل منهما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حول نقطة ثابتة تسمى نقطة الأصل (O) بتردد زاوي (ω) ثابت.

ويتميز متجه الطور بما يأتي:

*طول متجه الطور للفولطية يمثل المقدار الأعظم للفولطية المتناوبة، ويرمز له (V_m) وإذا كان متجه الطور الآخر يمثل التيار فإنَّ طول متجه الطور يمثل المقدار الأعظم للتيار ويرمز له (I_m).

*مسـقط متجـه الطـور عـلى المحـور (Y) يمثـل المقـدار الآني لذلـك المتجـه، للفولطيـة يكـون (V) والمقـدار الآني للتيـار (I). فيكـون مسـقط متجـه الفولطيـة { $V = V_m \sin(\omega t)$ } ومسـقط متجـه التيـار $I = I_m \sin(\omega t)$.

ωt تمثل زاوية الطور التي يصنعها متجه الطور مع المحور (X).

* بدء الحركة ($t = 0$) يكون متجه الطور منطبقا مع المحور (X).

*إذا تطابـق متجـه الطـور للفولطيـة (V_m) مـع متجـه الطـور للتيـار (I_m) يقـال حينئـذٍ أنَّ الفولطيـة والتيـار يتغـيران معـاً بطـور واحـد، وهـذا يعنـي أن زاويـة فـرق الطـور بينهـما صفـرٌ (Φ=0). ويحصـل ذلـك في حالـة الحمـل ذي مقاومـة صرف (مقاومـة مثاليـة).

*إذا لم يتطابـق المتجهـان أحدهـما عـلى الآخـر (في الحالـة التـي يحتـوي الحمـل محـث أو مُتَّسَـعَة أو كليهـما، فضـلاً عـن المقاومـة) حينئـذٍ تتولـد بينهـما زاويـة فـرق في الطـور يرمـز لهـا (Φ).

*أحياناً تسمى (ثابت الطور)، يتحدد مقداره على وفق نوع الحمل في الدائرة.

*تقاس كل من زاوية الطور (ωt) وزاوية فرق الطور (Φ) بالدرجات الستينية أو (rad).

إذا كانت (Φ) موجبة، يقال أن متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور(Φ).

وإذا كانـت (Φ) سـالبة، فـإنَّ متجـه الطـور للفولطيـة يتأخـر عـن متجـه الطـور للتيـار بزاويـة فـرق طـور (Φ) (عندمـا يؤخـذ التيـار كأسـاس).

وكما عرفت في دراستك السابقة (في الميكانيك) أنّ:

الطور: هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة.

وفرق الطور: هو التغير في الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين أو لجسمين في اللحظة نفسها.

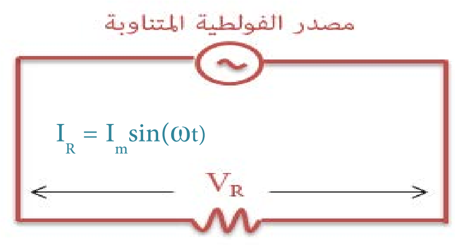
أهـــداف الـــدرس

الدرس الثاني : (حصة واحدة)

- يُوضح معنى المقاومة الاومية الخالصة.
- يُبين العلاقة بين التيار والفولتية في دائرة تيار متناوب.
- يُوضح بالرسم العلاقة الطورية بين الفولتية والتيار.
- يُطبق العلاقة الرياضية لحساب قيمة الفولتية المؤثرة والتيار **المؤثر**.

3-3 دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف

إذا ربطنا مقاومة صرف (R) (مقاومة مثالية) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة في دائرة كهربائية. (يرمز للمصدر المتناوب (ac) بالرمز. لاحظ الشكل (5.3).

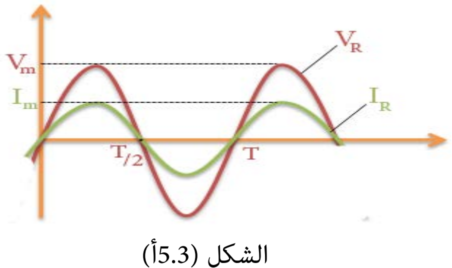


الشكل (5.3)

الشكل (5.3أ) يُوضح موجة التيار تتغير بشكل منحن جيبي وموجة الفولطية تتغير بشكل منحنٍ جيبي أيضاً، وكلاهما يتغيران مع الزمن بالكيفية نفسها، فيقال أنهما يتغيران بطور واحد.

تعطى الفولطية المتناوبة في هذه الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$



الشكل (5.3أ)

ويعطى التيار المتناوب في هذه الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

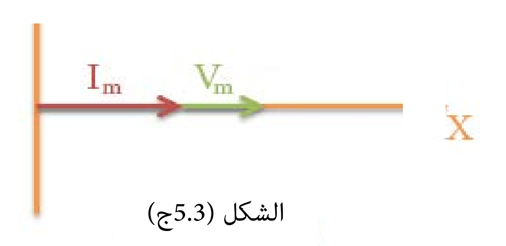
إذ أنّ (I_R) يمثل المقدار الآني للتيار المنساب في المقاومة R)

من ملاحظتنا للشكل (5.3ب) نجد أن:

متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) متطابقان ومتلازمان وهذا يعني أنّهما يدوران حول نقطة الأصل (O) بطورٍ واحدٍ وباتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة، أي أنّ زاوية فرق الطور بينهما ($\Phi=0$)، أما زاوية الطور التي يدور بها كل من المتجهين فمتساوية ومقدارها (ωt).

الشكل (5.3ب)

وللتبسيط يمكن رسم متجه الطور (I_m) للتيار المتناوب ومتجه الطور (V_m) للفولطية المتناوبة لمثل هذه الدائرة على المحور (X)، في اللحظة الزمنية ($t=0$) أي عند زاوية طور $\{\omega t = 0\}$ لاحظ الشكل (5.3ج).



الشكل (5.3ج)

فكر

ما قياس زاوية الطور (ωt) لكل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) في الحالة التي يكون عندها ($V_R=V_m$) وكذلك يكون ($I_R=I_m$)؟ وضح ذلك.

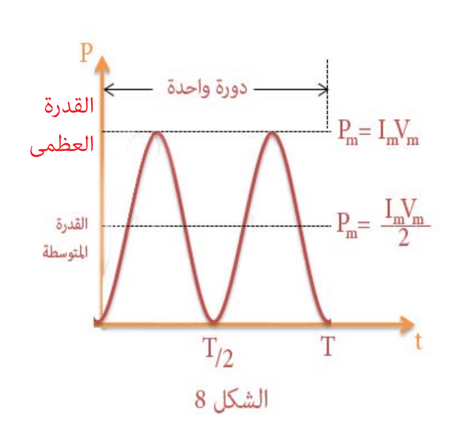
3 - 4 القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

بما أن الفولطية والتيار المنساب في دائرة التيار المتناوب التي تحتوي مقاومة صرف يتغيران بطور واحد مع الزمن. تعطى الفولطية بالعلاقة الآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

والتيار المنساب خلال المقاومة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$



الشكل 8

والقدرة الآنية تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P = V_R I_R$$

الشكل (6.3)، رُسِمَ فيه منحنِ القدرة الآنية لدائرة تيار يحتوي مقاومة صرف، لاحظ أنه منحنِ جيبي موجب دائما وبشكل منحنِ جيب تمام (Cosine)، يتغير بين المقدار الأعظم للقدرة ($P_m = V_m I_m$) والصفر.

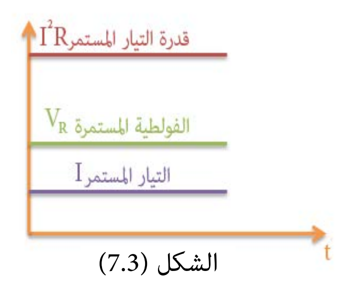
والمنحني الموجب للقدرة في دائرة التيار المتناوب حينما يكون الحمل فيها مقاومة صرف، يعني أن القدرة في الدائرة تُستهلك بأجمعها في المقاومة بشكل حرارة.

وحينئذٍ تكون القدرة المتوسطة (P_{av}) تساوي نصف القدرة العظمى ($\frac{V_m I_m}{2}$) لذا تعطى (P_{av}) بالعلاقة الآتية:

$$P_{av} = \frac{V_m I_m}{2}$$

3ـ5 المقدار المؤثر للتيار المتناوب ($I_{مؤثر}$)

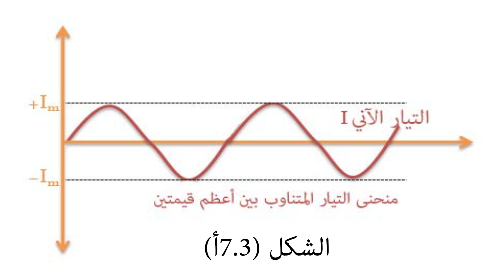
القدرة المتبددة (أو المستهلكة) في دائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة صرف تكون ثابتة المقدار تتناسب طرديا مع مربع التيار المنساب فيها ($P = R I^2$) لاحظ الشكل (7.3) لذا فإنَّ: القدرة المتبددة في مقاومة صرف لا تعتمد على اتجاه التيار.



الشكل (7.3)

لاحظ الشكل (7.3أ)، يتبين أنّ القدرة المتبددة بوساطة تيار متناوب له مقدار أعظم (I_m) لا تساوي القدرة التي ينتجها تيار مستمر يمتلك المقدار نفسه. ما سبب ذلك؟

وللإجابة على هذا السؤال:



الشكل (7.3أ)

لقد وجد أن التيار المتناوب يتغير دوريا مع الزمن بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$ لاحظ الشكل (7.3أ) ومقداره عند أية لحظة لا يساوي دائماً مقداره الأعظم، وإنما فقط عند لحظة معينة يساوي مقداره الأعظم، في حين أنّ التيار المستمر مقداره ثابت.

لذا فإنَّ جميع التأثيرات الناتجة عن التيار المتناوب تتغير دورياً مع الزمن أيضاً ومنها التأثيرات الحرارية. أنّ العلاقة التي تعطى فيها القدرة المتوسطة هي العلاقة نفسها لحساب قدرة تيار مستمر:



منحنى مربع التيار المتناوب هو منحنى جيب تمام يتغير بين مربع التيار الأعظم والصفر

$$P = I^2 R$$

$$P = [I_m^{\ 2} \sin^2(\omega t)]R$$

فتكون القدرة المتوسطة:

$$P_{av} = \frac{I_m^{\ 2}.R}{2}$$

لأن المقدار المتوسط للكمية $\{\sin^2(\omega t)\}$ (لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات) يساوي نصف $\frac{1}{2}$. أي أنّ:

$$\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$$

وكما عرفت فإنَّ القدرة المتبددة في دائرة التيار المستمر خلال المقاومة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P = I_{dc}^{\ 2} R$$

وتكون القدرة المتوسطة للتيار المتناوب مساوية لقدرة التيار المستمر خلال المقاومة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

ويطلق على (I_{dc}) بالتيار المؤثر (I_{eff})

$$I_{eff}^{\ 2} R = \frac{I_m^{\ 2} R}{2} \qquad I_{dc}^{\ 2} R = \frac{I_m^{\ 2} R}{2}$$

بما أن المقاومة نفسها فنحصل على

$$I_{eff}^{\ 2} = \frac{I_m^{\ 2}}{2}$$

وعند جذر الطرفين نحصل على

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I_m^{\ 2}}{2}}$$

المقدار المؤثر للتيار المتناوب وهو:

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

علما بأن:

$$0.707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

لذا يسمى المقدار المؤثر للتيار المتناوب بجذر معدل مربع المقدار الأعظم للتيار (root mean square) ويرمز له (I_{rms}).

يُعرّف المقدار المؤثر للتيار المتناوب بأنه: مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال

مقاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها.

وكذلك يعطى المقدار المؤثر للفولطية المتناوبة بالعلاقة الآتية:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_m$$

ماذا تعني العبارة الآتية "إن مقدار التيار المتناوب في الدائرة يساوي (1A)"؟

بالتأكيد أن ذلك لا يعني المقدار الأعظم (I_m) للتيار، وإنما تعني العبارة أن المقدار المؤثر للتيار (I_{eff}) يساوي (1A).

وليكن معلوما أن معظم مقاييس التيار المتناوب مثل الأميترات والفولطميترات تعمل على قياس المقادير المؤثرة للتيار والفولطية. وأن معظم أجهزة قياس التيار المستمر (DC) تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب. لذا فإنَّ مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر عند وضعها في دائرة التيار المتناوب.

فكر

يقول زميلك "إنّ التيار المؤثر يتذبذب كدالة جيبية" ما رأيك في صحة ما قاله زميلك؟ وإذا كانت العبارة خاطئة، كيف تصحح قوله؟

Example 3.1 — مثال 3 - 1 :

مصدر للفولطية المتناوبة، ربط بين طرفيه مقاومة صرف (R= 100 Ω)، الفولطية في الدائرة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$$

احسب:

1 -المقدار المؤثر للفولطية.

2 -المقدار المؤثر للتيار.

3 -مقدار القدرة المتوسطة.

ج

الحل:

لحساب:

1 -المقدار المؤثر للفولطية.

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

$$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$$

$$V_m = 424.2 \text{ V}$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.4}{1.414} = 300\text{V}$$

2 -المقدار المؤثر للتيار.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3\text{V}$$

3 -مقدار القدرة المتوسطة.

$$P_{av} = I_{eff}^{2} V = (3)^2 \text{x}100 = 900 \text{ W}$$

على الطالب حلها بشكل آخر

أهــداف الــدرس

الدرس الثالث : (حصتان)

- يُعَرّف المحث الصرف.
- يَكتب معادلة الفولتية والتيار في المحث الصرف.
- يُعَرّف الرادة الحثية ووحدة قياسها والعوامل المؤثرة على مقدارها.
- يَرسم مخططاً بيانياً للقدرة الكهربائية في دائرة التيار المتناوب الحمل فيها محث صرف.

3 - 6 دائرة تيار متناوب: الحمل فيها محث صرف

الشكل (8.3)، يُبين دائرة تيار متناوب تحتوي مصدراً للفولطية المتناوبة ومحث صرف (يعني ملف مهمل المقاومة)،

إن الفولطية عبر المحث تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

الشكل (8.3)

لاحظ الشكل (8.3أ):

(V_L) تمثل المقدار الآني للفولطية عبر المحث.

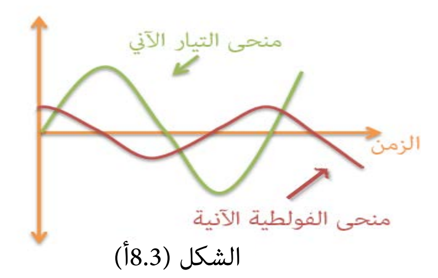
(V_m) تمثل المقدار الأعظم للفولطية عبر المحث.

(ωt) تمثل زاوية الطور.

$\Phi = \frac{\pi}{2}$ تمثل زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار لاحظ الشكل (-12ب).

إن التيار المنساب في هذه الدائرة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$



الشكل (8.3أ)

وهذا يعني أن:

متجه الطور للفولطية (V) عبر محث صرف يتقدم عن متجه التيار (I_m) بفرق طور (Φ) يساوي

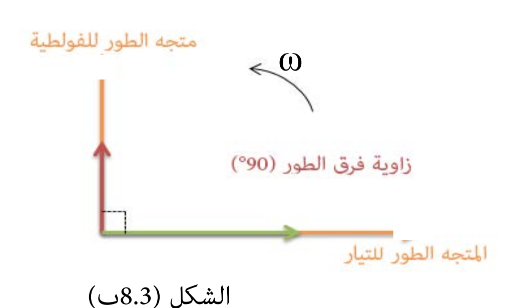
$$\Phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

يعتمـد مقدار رادة الحث (X_L) على:

*معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طرديا ($X_L \propto L$) بثبوت تردد التيار(f).

*التردد الزاوي (ω) وتتناسب معه طرديا ($X_L \propto L$) بثبوت معامل الحث الذاتي (L).



الشكل (8.3ب)

تقاس رادة الحث بوحدة (ohm) في هذه الدائرة يُظهر المحث معاكسه للتغير في التيار، وهذه المعاكسة تسمى رادة الحث ويرمز لها (X_L) وتعطى بالعلاقة الآتية:

ويرمز لها (هم) وذلك لأن:

$$X_L = 2\pi fL = Hz.\ Henry = (\frac{1}{sec})(\frac{volt.sec}{ampere}) = \frac{volt}{R} = ohm$$

إذ أنّ التردد (f) يقاس بوحدة (Hz) و معامل الحث الذاتي (L) يقاس بوحدة (Henry).
لنسأل الآن كيف يتأثر مقدار رادة الحث (X_L) مع مقدار كل من تردد تيار الدائرة (f) ومعامل الحث الذاتي (L)؟
وما هو الشكل المنحني الذي نحصل عليه؟ للإجابة على ذلك نجري النشاط الآتي:



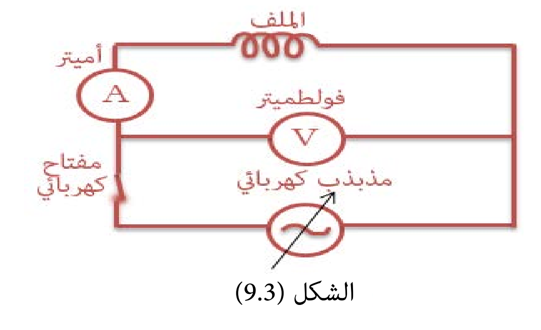
نشاط - 1.3

يوضح تأثير تغير تردد التيار (f) في مقدار رادة الحث X_L

نشاط1: يُوضح تأثير تغير تردد تيار (f) في مقدار رادة الحث (X_L).

أدوات النشاط:

مذبذب كهربائي (مصدر فولطية متناوبة يمكن تغيير ترددها) أميتر, فولطميتر، ملف مهمل المقاومة (محث)، مفتاح كهربائي.



الشكل (9.3)

خطوات النشاط:

*نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والأميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف) كما في الشكل (9.3).

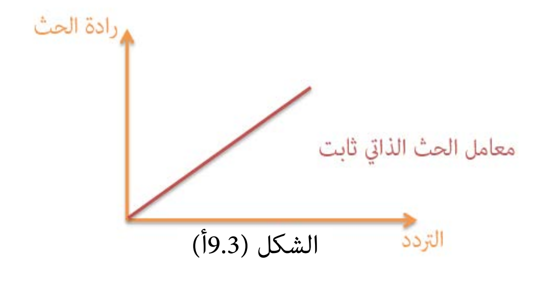
*نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر). كيف ستتغير قراءة الأميتر في الدائرة؟

نلاحظ نقصان قراءة الأميتر.

نستنتج من النشاط:

رادة الحث (X_L) تتناسب طرديا مع تردد التيار (f) بثبوت معامل الحث الذاتي (L).

من النشاط المذكور آنفاً يمكننا رسم مخطط بياني: يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث (X_L) وتردد التيار (f)، لاحظ الشكل (9.3أ).



الشكل (9.3أ)



نشاط - 2.3

يوضح تأثير تغير معامل الحث الذاتي L في مقدار رادة الحث X_L

أدوات النشاط:

مصدر فولطية تردده ثابت، قلب من الحديد المطاوع، أميتر، فولطميتر، ملف مجوف مهمل المقاومة (L)، مفتاح كهربائي.

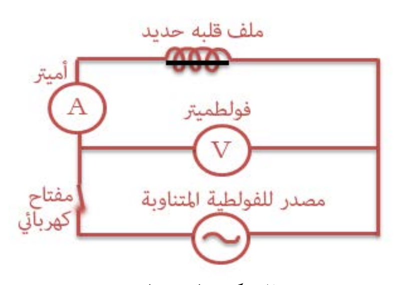
خطوات النشاط:

*نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والأميتر ومصدر الفولطية على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف كما في الشكل (10.3).

*نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر.

*ندخل قلب الحديد تدريجيا في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية بين طرفي الملف ثابتاً (بمراقبة قراءة الفولطميتر).

كيف ستتغير قراءة الأميتر في الدائرة؟



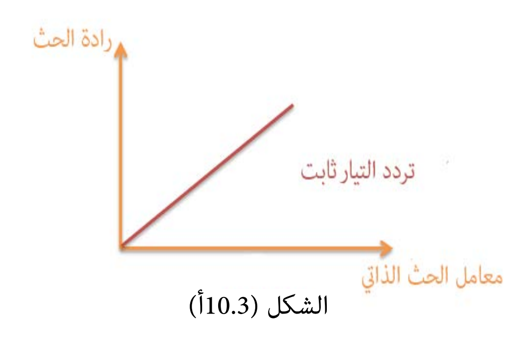
الشكل (10.3)

نلاحظ نقصان قراءة الأميتر وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث (لأن ادخال قلب الحديد في جوف الملف يزيد من معامل الحث الذاتي للملف).

نستنتج من النشاط:

رادة الحث (X_L) تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي (L) للملف بثبوت تردد التيار(f).

من النشاط المذكور آنفاً يمكننا رسم مخططٍ بياني: بين رادة الحث (X_L) ومعامل الحث الذاتي (L) بثبوت تردد التيار (f)، ($X_L \alpha L$) لاحظ الشكل (16).



الشكل (10.3أ)

كيف تفسر ازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز؟

للإجابة عن ذلك: نقول إنّ ازدياد تردد التيار المناسب في الدائرة، أي ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها $\varepsilon_{ind} \, \alpha - \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ، على وفق قانون لنز، أي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل معاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار. $\frac{\Delta I}{\Delta t}$

تذكر

عند الترددات الواطئة جداً تقل رادة الحث ($X_L = 2\pi f L$) فهي تتناسب طرديا مع تردد التيار ($X_L \alpha f$) وقد تصل إلى الصفر عند الترددات الواطئة جداً، فيمكن القول حينئذٍ أنّ الملف يعمل عمل مقاومة صرف (لأن الملف غير مهمل المقاومة).

في حين أنها عند الترددات العالية جداً تزداد رادة الحث (X_L) إلى مقدار كبير جداً قد تؤدي إلى قطع تيار الدائرة فيعمل الملف حينئذٍ عمل مفتاح مفتوح.

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف:

بما أنّ الفولطية عبر محث صرف تتقدم على التيار المناسب في الدائرة بزاوية فرق طور (Φ) قياسها ($\frac{\pi}{2}$) أي أنّ ($\Phi = \frac{\pi}{2}$) لاحظ الشكل (17) لذا فإنّ الفولطية تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

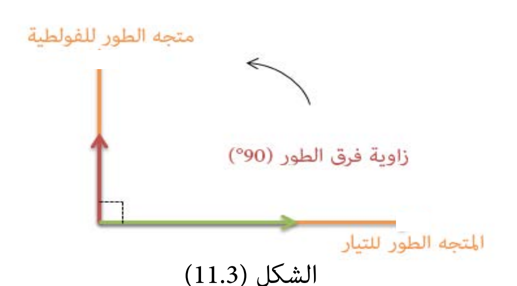
والتيار المناسب خلال المحث تعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

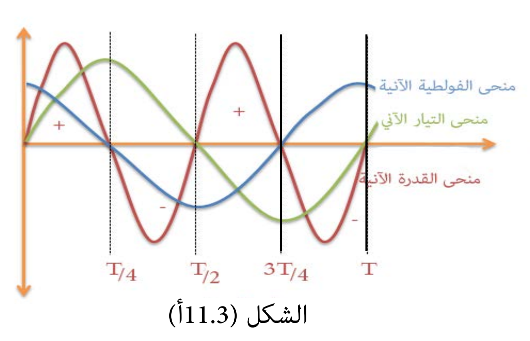
وعند رسم المقدار الآني للفولطية عبر المحث والمقدار الآني للتيار كدالة للزمن نحصل على منحنٍ بشكل دالة جيبية تردده ضعف تردد الفولطية أو التيار. يحتوي أجزاء موجبة وأجزاءً سالبة متساوية.

لذا فإنّ القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفراً، لاحظ الشكل (11.3أ).

ما تفسير ذلك؟



الشكل (11.3)



الشكل (11.3أ)

إن سبب ذلك هو عند تغير التيار المناسب خلال المحث من الصفر إلى مقداره الأعظم في أحد أرباع الدورة تنتقل الطاقة من المصدر وتختزن في المحث بهيئة مجال مغناطيسي، (يمثله الجزء الموجب من المنحني). ثم تعاد جميع هذه الطاقة إلى المصدر عند تغير التيار من مقداره الأعظم إلى الصفر في الربع الذي يليه، (يمثله الجزء السالب من المنحني). وهذا يعني أنّ المحث عندما يكون صرف لا يستهلك قدرة وأن رادة الحث لا تعد مقاومة أومية ولا تخضع لقانون جول، لأنها لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر).

Example 3.2   مثال 2.3

ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي $(\frac{50}{\pi}\,Hz)$ ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V). احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد الدائرة:

f=1MHz -b   f=10Hz -a

الحل:

أ) f=10Hz

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 2\pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1\ \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20\ A$$

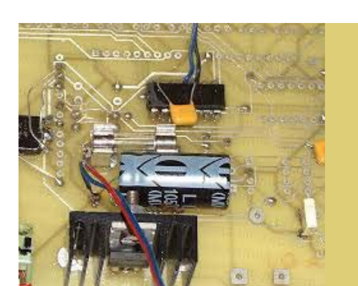
ب) f=1MHz

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 2\pi \times 1 \times 106 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 105\ \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{105} = 20\times10^{-5}\ A$$

ناقش نتائج هذا المثال ووضح ماذا تستنتج من ذلك؟



أهـــداف الـــدرس

الدرس الرابع : (ثلاث حصص)

- يُعَرّف الطالب السَعَة الصرفة.
- يَكتب معادلة الفولطية والتيار في دائرة المُتَّسَعَة الصرف للتيار المتناوب.
- يُعَرّف الرادة السعوية ووحدة قياسها والعوامل المؤثرة على مقدارها.
- يَرسم مخططاً بيانياً للقدرة الكهربائية في دائرة التيار المتناوب الحمل فيها سَعَة صرف.

3 - 7 دائرة تيار متناوب: الحمل فيها مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف

الشكل (12.3)، يُبين دائرة تيار متناوب تحتوي مصدرا للفولطية المتناوبة ومُتَّسَعَة فقط، إنَّ فرق الجهد عبر المُتَّسَعَة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

إذ أنّ: (V_C) تمثل المقدار الآني لفرق الجهد عبر المُتَّسَعَة. (V_m) تمثل المقدار الأعظم لفرق الجهد عبر المُتَّسَعَة.

(ωt) تمثل زاوية الطور للمتجه الطوري لفرق الجهد عبر المُتَّسَعَة.

الشكل (12.3أ).

مصدر للفولطية المتناوبة

أميتر

متسعة C

الشكل (12.3)

ومن تعريف سَعَة المُتَّسَعَة (C):



$$Q = C.V_C$$

وحينئذٍ تكون:

$$Q = C.V_m \sin(\omega t)$$

بما أنّ التيار:

$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

إذ أنّ:

$$I_C = \frac{\Delta(C.V_m \sin(\omega t))}{\Delta t}$$

$$I_C = \omega\, C.V_m \cos(\omega t)$$

نحصل على:

$$I_C = \omega\, C\, V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

لأن:

$$\cos(\omega t) = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

منحنى الفولطية الآنية

الزمن

منحنى التيار الآنية

الشكل (12.3أ)

إن مقلوب (ωC) يسمى رادة السَعَة Capacitive reactance للمُتَّسَعَة،

ويرمز لها (X_C) وتعرف رادة السَعَة بأنها: المعاكسة التي تبديها المُتَّسَعَة للتغير في فولطية الدائرة.

أي أنّ:

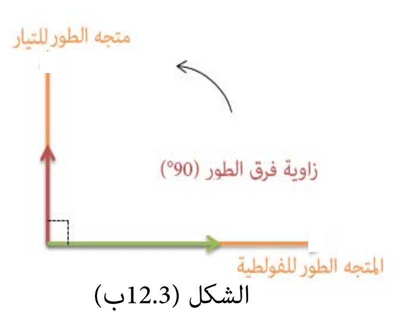
$$\omega C = \frac{1}{X_C} \quad \text{أو} \quad \omega C = \frac{1}{2\pi f C}$$

وبالتعويض عن: ($X_C = \frac{1}{\omega C}$) في معادلة التيار نحصل على:

$$I_C = \frac{V_m}{X_C} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

وعلى وفق قانون اوم:

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}$$



الشكل (12.3ب)

وحينئذٍ يعطى التيار في دائرة تيار متناوب تحتوي مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف بالعلاقة الآتية:

$$I_C = I_m \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

من العلاقة المذكورة آنفاً يتبين أنّ متجه الطور للتيار (I_m) في دائرة تيار متناوب تحتوي مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف يتقدم على متجه الطور للفولطية (V_m) بزاوية فرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$) لاحظ الشكل (20) الذي يمثل مخططاً طورياً لمتجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار:

لنسال الآن كيف يتأثر مقدار رادة السَعَة مع مقدار كل من تردد فولطية المصدر وسَعَة المُتَّسَعَة؟ وما الشكل المنحني الذي نحصل عليه؟ للإجابة على ذلك نجري النشاط الآتي:



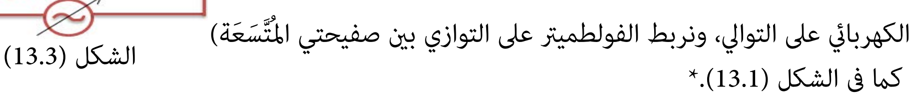
نشاط - 3.3

يُوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السَعَة.

أدوات النشاط: أميتر، فولطميتر، مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين، مذبذب كهربائي وأسلاك توصيل، مفتاح كهربائي.

خطوات النشاط:

نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المُتَّسَعَة والأميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المُتَّسَعَة) كما في الشكل (13.1).



الشكل (13.3)

نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المُتَّسَعَة ثابتاً (بمراقبة قراءة الفولطميتر).

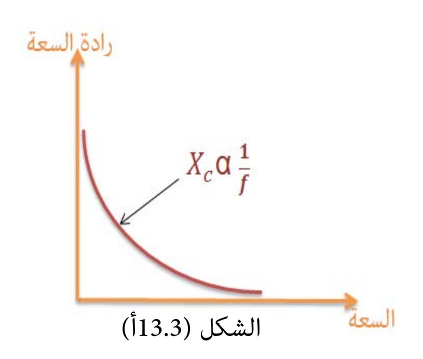
كيف ستتغير قراءة الأميتر في الدائرة؟

نلاحظ ازدياد قراءة الأميتر (ازدياد التيار المناسب في الدائرة مع ازدياد تردد فولطية المصدر).

نستنتج من النشاط: إن رادة السَعَة (X_C) تتناسب عكسياً مع تردد فولطية المصدر ($X_c \propto \frac{1}{f}$) بثبوت سَعَة مُتَّسَعَة.

من النشاط المذكور أنفاً يمكن رسم العلاقة بين تردد فولطية المصدر ورادة السَعَة بيانياً لاحظ الشكل (13.3أ).

فهو يمثل العلاقة العكسية بين رادة السَعَة (X_C) وتردد فولطية المصدر (f) بثبوت سَعَة المُتَّسَعَة (C) عندما تحتوي الدائرة مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف.



الشكل (13.3أ)



نشاط - 4.3

يُوضح تأثير تغير سَعَة المُتَّسَعَة في مقدار رادة السَعَة.

أدوات النشاط:

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابتاً، (ولكن يمكن تغير مقدار فرق الجهد بين طرفيه)،
أميتر، فولطميتر، مُتَّسَعَة ذات الصفيحتين المتوازيتين متغيرة السَعَة، مفتاح كهربائي.

الشكل (14.3)

خطوات النشاط:

*نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المُتَّسَعَة والأميتر ومصدر الفولطية على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المُتَّسَعَة) كما في الشكل (14.3).

*نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر.

*نزيد مقدار سَعَة المُتَّسَعَة تدريجياً (ذلك بإدخال لوح من مادة عازلة كهربائياً بين صفيحتي المُتَّسَعَة) كيف ستتغير قراءة الأميتر في هذه الحالة؟

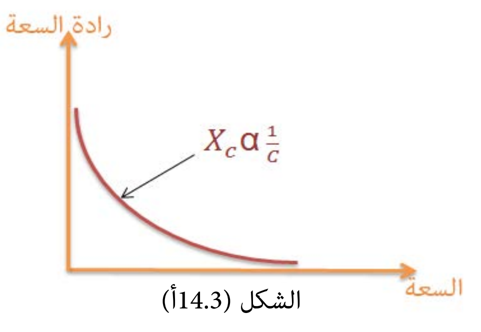
نلاحظ ازدياد قراءة الأميتر (ازدياد التيار المناسب في الدائرة مع ازدياد سَعَة المُتَّسَعَة).

نستنتج من النشاط:

إنّ رادة السَعَة (X_C) تتناسب عكسياً مع مقدار سَعَة المُتَّسَعَة بثبوت تردد فولطية المصدر.

من النشاط المذكور آنفاً يمكن رسم العلاقة بين تردد رادة السَعَة والسَعَة بيانياً. لاحظ الشكل (24).يمثل العلاقة العكسية بين رادة السَعَة (X_C) وسَعَة المُتَّسَعَة (C) بثبوت تردد فولطية المصدر (f) عندما يكون الحمل في الدائرة مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف.





الشكل (14.3أ)

تقاس رادة السَعَة بوحدة (ohm) ويرمز لها (Ω)
وذلك لأن:

$$X_L = \frac{1}{2\pi f L} = \frac{1}{Hz} = \frac{1}{(1/sec)\,(Coulomb/Volt)} = \frac{volt.sec}{ampere.sec} = \frac{volt}{Amper} = ohm$$

تذكر

عند الترددات العالية جداً لفولطية المصدر تقل رادة السَعَة فهي تتناسب عكسياً مع التردد ($X_L \alpha \frac{1}{f}$) وقد تصل إلى الصفر، فيمكن القول حينئذٍ أنّ المُتَّسَعَة تعمل عمل مفتاح مغلق (تعد المُتَّسَعَة خارج الدائرة).
في حين أنها عند الترددات الواطئة جداً تزداد رادة السَعَة إلى مقدار كبير جداً قد يقطع تيار الدائرة، وحينئذٍ تعمل المُتَّسَعَة عمل مفتاح مفتوح، كما يحصل ذلك في حالة وجود المُتَّسَعَة في دائرة التيار المستمر.

مثال 3 - 3 : Example 3.3

ربطت مُتَّسَعَة سعتها ($\frac{\pi}{4}$ μF) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (2.5V). احسب رادة السَعَة ومقدار التيار في الدائرة إذا كان تردد الدائرة:

أ) 5Hz ب) 5×10^5Hz



الحل:

أ) نحسب رادة السَعَة عند التردد 5Hz :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f L}$$

$$X_c = \frac{1}{2\times\pi\times(4/\pi)\times10\text{- }6)} = \frac{10^6}{40} = 26\times103\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25\times10^3} = 10^{-4}\ A$$

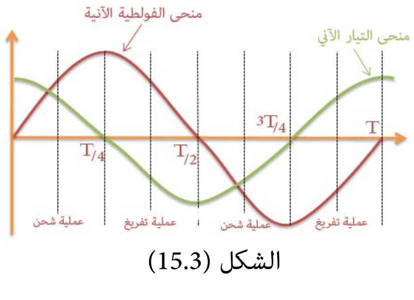
ب)نحسب رادة السَعَة عند التردد 5×10^5Hz

$$X_c = \frac{1}{2\pi f L}$$

$$X_c = \frac{I}{2\times\pi\times(4/\pi)\times10\text{- }6)} = \frac{10^6}{40} = 26\times103\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25 \times 103} = 10^{-4}\,A$$

ناقش نتائج هذا المثال ووضح ماذا تستنتج من ذلك؟



الشكل (15.3)

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف:

بما أنّ الفولطية عبر المُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف تعطى بالعلاقة:

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

فيكون التيار المناسب في الدائرة متقدماً عن الفولطية بفرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$) لاحظ الشكل (25) لذا يعطى التيار بالعلاقة الآتية:

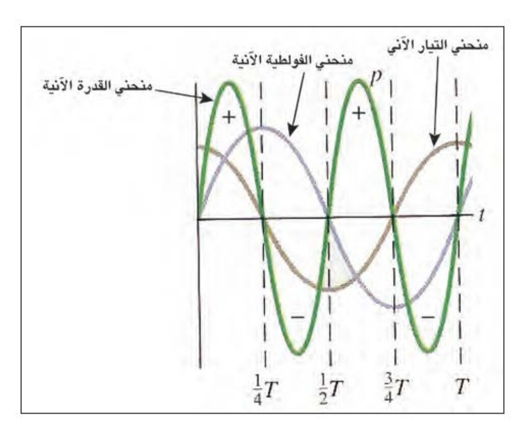
$$I_C = I_m \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

فـإنَّ منحنـي القـدرة الآنيـة يتغـير كدالـة جيبيـة، تـردده ضعـف تـردد التيـار أو الفولطيـة فهـو يحتـوي أجـزاء موجبـة وأجـزاء سـالبة متسـاوية بالمساحة، لـذا فـإنَّ القـدرة المتوسـطة لـدورة كاملـة أو عـدد صحيـح مـن الـدورات يسـاوي صفـراً، لاحـظ الشـكل (15.3أ). مـا تفسـير ذلـك؟

إنّ سـبب ذلـك هـو أنّ المُتَّسَـعَة تُشـحن خـلال الربـع الأول مـن الـدورة ثـم تفـرغ جميـع شـحنتها إلى المصـدر خـلال الربـع الـذي يليـه مـن الـدورة، وبعدهـا تُشـحن المُتَّسَـعَة بقطبيـة معاكسـة وتتفـرغ وهكـذا بالتعاقـب.

مـاذا نسـتنتج مـن ذلـك؟

نستنتج أنّ المُتَّسَعَة ذات سَعَة الصرف لا تبدد قدرة في دائرة التيار المتناوب لعدم توافر مقاومة في الدائرة.



الشكل (15.3أ)

أهـــداف الـــدرس

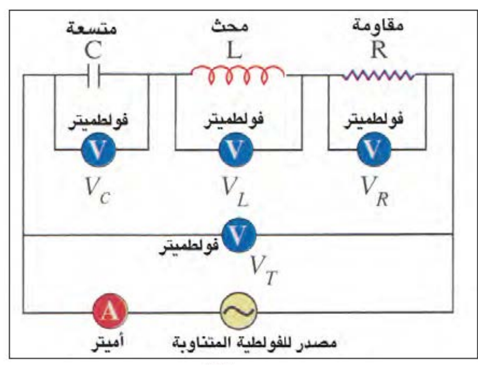
الدرس الخامس : (أربع حصص)



- يُكوِّن دائرة R-L-C (مقاومة , محث , مُتَّسَعَة) في دائرة التيار المتناوب.
- يَحسب الفولتية الكلية والممانعة الكلية للدائرة وزاوية فرق الطور وعامل القدرة ويذكر خصائص الدائرة.
- يُوضح بالرسم البياني مخطط المتجهات الطورية للمانعة والفولتية.
- يُعرِّف عامل القدرة في الدوائر الكهربائية.

3 - 8 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف (R-L-C)

عند ربط كل من مقاومة صرف ومحث صرف ومُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف على التوالي مع بعضها ومجموعتها على التوالي مع أميتر، لاحظ الشكل (16.3) يتخذ المحور (C) كمحور اسناد (محور مرجعي) فتكون المتجهات الطورية للتيارات في الدائرة المتوالية الربط منطبقة على المحور (C).



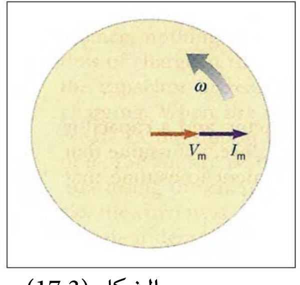
الشكل (16.3)

أما المتجهات الطورية للفولطية، فيعمل كل منها زاوية فرق طور (Φ) مع المحور (C)، والآن نمثل متجهات الطور لكل من التيار وفروق الجهد كما يأتي:

1 - خلال مقاومة صرف:

المتجه الطوري للفولطية (V_m) والمتجه الطوري للتيار (I_m) خلال المقاومة يكونان بطور واحد (أي أنّ فرق الطور بينهما يساوي صفرا ($\Phi = 0$).

لذا فإنَّ الفولطية خلال مقاومة صرف تعطى بالعلاقة الآتية:



الشكل (17.3)

ويعطى التيار خلال مقاومة صرف بالعلاقة الآتية: الشكل (17.3)

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

2 - خلال مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف:

متجه الطور لفرق الجهد عبر المُتَّسَعَة (V_{Cm}) يتخلف (يتأخر عن متجه الطور للتيار (I_{Cm}) بفرق طور يساوي $90°$ ($\Phi = -\frac{\pi}{2}$).

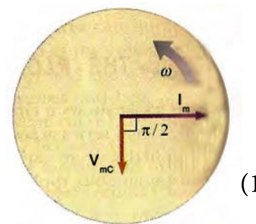
لاحظ الشكل (18.3)

لذا فإنَّ فرق الجهد خلال مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

ويعطى التيار خلال مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف بالعلاقة الآتية:

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

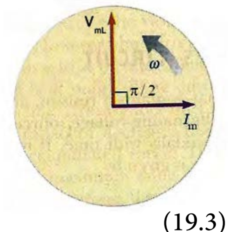


الشكل (18.3)

3 -خلال محث صرف:

المتجه الطوري للفولطية عبر المحث (V_L) يتقدم على متجه الطوري للتيار (I_L) بزاوية فرق الطور قياسها ($\Phi = \frac{\pi}{2}$) لاحظ الشكل (19.3).

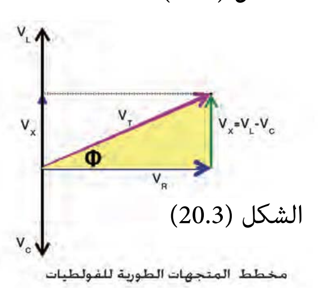
لذا فإنَّ الفولطية خلال محث صرف تعطى بالعلاقة الآتية: $V_R = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$



الشكل (19.3)

ويعطى التيار خلال محث صرف بالعلاقة الآتية: $I_R = I_m \sin(\omega t)$

نرسم التيار على محور الاسناد (كأساس) في دائرة التيار المتناوب متوالية الربط (التيار متساوي في المقدار في جميع أجزاء دائرة التوالي) وبتمثيل كل من (V_R ،V_L ،V_C) على وفق المتجهات الطورية نحصل على الشكل (20.3).



الشكل (20.3)

ومتجه الطور للفولطية الكلية (المحصلة) للمتجهات الطورية الثلاثة يمثله المتجه (V_T). ويمكن حسابه بتطبيق العلاقة الآتية:

$$(V_T)^2 = (V_R)^2 + (V_L - V_C)^2$$

من مخطط المتجهات الطورية للفولطيات يمكن حساب زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (المحصلة) ومتجه الطور للتيار في هذه الدائرة:

$$\tan\Phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

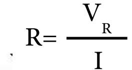
خواص الدائرة (R-C-L)

أولاً: إذا كانت (V_L) أكبر من (V_C) فإنَّ دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-L-C) تكون لها:

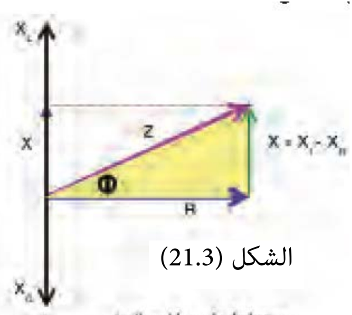
*خواص حثية.

*زاوية فرق طور (Φ) موجبة (متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم عن متجه الطور للتيار (I) بزاوية فرق طور (Φ). وعلى وفق قانون اوم نحصل على:

المقاومة: $R = \frac{V_R}{I}$



رادة الحث: $X_L = \frac{V_L}{I}$ رادة السَعَة: $X_C = \frac{V_C}{I}$



الشكل (21.3)

الممانعة الكلية في الدائرة يرمز لها (Z): $Z = \frac{V_T}{I}$

وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادة.

يَرسم مخطط الممانعة كما في الشكل (21.3)

إذا كانت (X_L) أكبر من (X_C) فإنَّ للدائرة: $Z_2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$

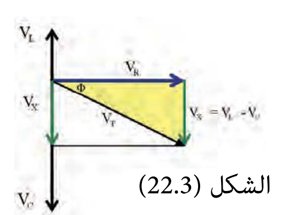
خواص حثية وتكون زاوية فرق الطور(Φ) موجبة فنحصل على:

أو تحسب زاوية فرق الطور(Φ) من مثلث الممانعة $\tan\Phi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_c}{R}$

ثانياً: إذا كانت (V_L) أصغر من (V_C) فإنَّ دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-C-L) لاحظ الشكل (22.3) تكون لها:

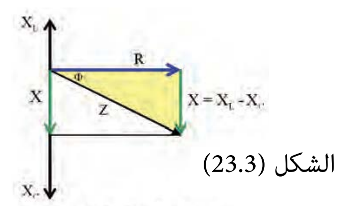
*خواص حثية.

زاوية فرق طور (Φ) سالبة (متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم عن متجه الطور للتيار (I) بزاوية فرق طور (Φ).



الشكل (22.3)

ويمكن رسم مخطط طوري للممانعة لهذه الدائرة لاحظ الشكل (23.3) عندما $(X_L < X_C)$.



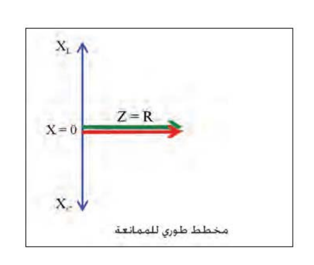
الشكل (23.3)

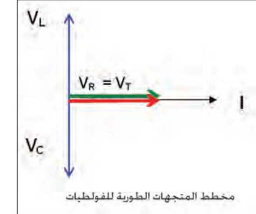
ثالثاً: إذا كانت (V_L) تساوي (V_C) فإنَّ دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-C-L) تكون لها:

*خواص مقاومة صرف (اومية)، (وهي حالة الرنين الكهربائي الذي سندرسه لاحقا).

*زاوية فرق طور صفراً (متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار).

ويمكن رسم مخطط طوري للممانعة لهذه الدائرة لاحظ الشكل(21.3).





مثال 3 - 4 : Example 3.4

ربط ملف معامل حثه الذاتي $(L = \frac{\sqrt{3}}{\pi}\ mH)$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (100V) فكانت زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار (60°) ومقدار التيار المنساب في الدائرة (10A) ما مقدار:

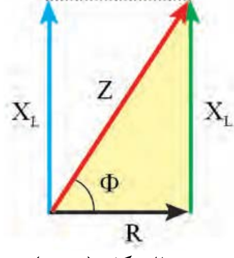
أ) مقاومة الملف.   ب) تردد المصدر.

الحل:

أ) نحسب الممانعة الكلية في الدائرة:

$$Z = \frac{V_{Tm}}{I_m} = \frac{100}{10} = 10\ \Omega$$

ب) نرسم مخطط طوري للمانعة، ومنه نحسب (R) و (X_L) لاحظ الشكل (24.3)



الشكل (24.3)

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} \qquad \cos 60° = \frac{R}{10} = 5\ \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \qquad 10^2 = 5^2 + X_L^2 \qquad X_L^2 = 75 \qquad X_L = 3\sqrt{5}$$

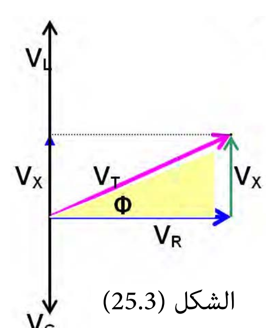
لحساب التردد:

$$X_L = 2\pi f L$$

$$3\sqrt{5} = 2\pi f \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3} \qquad f = 2.5\ KHz$$

3 - 9 عامل القدرة Power factor

تستهلك القدرة في دوائر التيار المتناوب في المقاومة فقط، وبشكل قدرة حرارية. أما القدرة في محث صرف فهي تختزن في مجاله المغناطيسي في أحد أرباع الدورة ثم تعاد إلى المصدر في الربع الذي يليه. وكذلك الحال فإنَّ القدرة في المُتَّسَعَة تختزن في مجالها الكهربائي في أحد أرباع الدورة ثم تعيدها إلى المصدر في الربع الذي يليه. ونفهم من ذلك أن القدرة لا تستهلك في المحث إذا كان محث صرف ولا تستهلك في المُتَّسَعَة إذا كانت مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف.



الشكل (25.3)

إنّ القدرة المستهلكة في المقاومة تسمى بالقدرة الحقيقية (P_{Real}) تقاس بوحدة (Watt) وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$P_{Real}=I_R V_R$$

ومن مخطط متجهات الفولطية الشكل (25.3) فإنَّ:

$$\cos\Phi=\frac{V_R}{V_T}$$

فتكون:

$$V_R=V_T\cos\Phi$$

فتكون القدرة الحقيقية:

$$P_{Real}=I_R V_T \cos\Phi$$

وبما أنّ التيار في دائرة تيار متناوب تحتوي (R-L-C) على التوالي يكون متساوياً في جميع أجزائها:

أي أنّ: $I_R = I_L = I_C = I$

نعوض في المعادلة السابقة فنحصل على:

$$P_{Real}=I\, V_T \cos\Phi$$

والكمية ($V_T . I$) تسمى بالقدرة الظاهرية وهي القدرة الكلية المجهزة للدائرة وتقاس بوحدات (Volt . Amper) ويرمز لها (V . A) وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$P_{app}=I.V_T$$

وتسمى نسبة القدرة الحقيقية (P_{Real}) إلى القدرة الظاهرية (P_{app}) بعامل القدرة Power factor ويرمز له (pf) فيعطى عامل القدرة بالعلاقة الآتية:

$$pf=\frac{P_{Real}}{P_{app}}=\cos\Phi$$

$$pf=\cos\Phi$$

إنّ مقدار عامل القدرة في دائرة التيار المتناوب يتغير على وفق زاوية فرق الطور (Φ) في الدائرة فإذا كان:

*الحمل في الدائرة مقاومة صرف فإنَّ زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للفولطية (V_R) ومتجه الطور للتيار (I) تساوي صفراً، فإن عامل القدرة يساوي الواحد الصحيح لأن : $pf=\cos\Phi=\cos 0=1$

فتكون حينئذٍ القدرة الحقيقية (المستهلكة) = القدرة الظاهرية (المجهزة) أي: $P_{app}=P_{Real}$

*الحمل في الدائرة محث صرف فإنَّ زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للفولطية (V_L) ومتجه الطور للتيار (I) تساوي (90°)، فإنَّ عامل القدرة يساوي صفراً لأنّ: $\cos 90°=0$

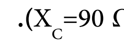
$$pf=\cos\Phi=\cos 90°=0$$

*الحمل في الدائرة مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف فإنَّ زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للفولطية (V_C) ومتجه الطور للتيار (ي) تساوي صفراً، فإنَّ عامل القدرة يساوي صفراً لأنّ: $\cos 90°=0$

$$pf=\cos\Phi=\cos 90°=0$$

Example 3.5 مثال 3 - 5 :

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومُتَّسَعَة صرف ومحث صرف (R-L-C) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة (200V) وكانت:

($R=40\ \Omega$ و $X_L=120\ \Omega$ و  $X_C=90\ \Omega$).

احسب مقدار:

1 -الممانعة الكلية.

2 -التيار المنساب في الدائرة.

3 -زاوية فرق الطور بين متجه الفولطية الكلية ومتجه التيار. وارسم المخطط الطوري للمانعة. وما خصائص هذه الدائرة؟



4 -عامل القدرة.

5 -القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة.

6 -القدرة الظاهرية (القدرة المُجَهَّزَة للدائرة).

الحل:

1 -نرسم مخططاً طورياً للممانعة، لاحظ الشكل (26.3)

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

$$= 40^2 + (120 - 90)^2 = 2500$$

$$Z = 50\Omega$$

الشكل (26.3)

مخطط الطور للممانعة

2 -

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4\ A$$

3 -

$$\tan\Phi = \frac{X_L - X_c}{R} = \frac{120 - 90}{40} = \frac{3}{4}$$

$$\tan^{-1} 3/4 = 37 \longrightarrow \Phi = 37°$$

للدائرة خصائص حثية لأن:

$$X_L > X_C$$

4 -عامل القدرة

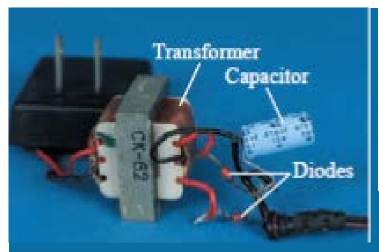
$$pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$$

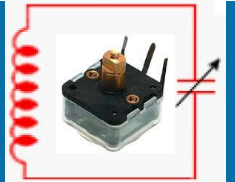
5 -القدرة الحقيقية

$$P_{Real} = I2R = 42 \times 40 = 640\ Watt$$

6 -القدرة الظاهرية

$$P_{app} = I.V_{mT} = 4 \times 200 = 800\ VA$$





أهــداف الـــدرس

الدرس السادس : (حصتان)

- يُعَرّف مفهوم الاهتزاز والتردد الزاوي.
- يُعَرّف عامل النوعية.
- يشرح مفهوم الرنين في دائرة R-C-L المتوالية الربط.

3 - 10 الاهتزاز الكهرومغناطيسي Electromagnetic oscillation

تتألف دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي من مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف متغيرة الصرف ومحث صرف.

لقد درست في الوحدات السابقة ثلاثة عناصر، المُتَّسَعَات، المقاومات، المحاثات.

لنفترض الآن لدينا دائرة بسيطة تتألف من مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف ومحث صرف، تسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المحث- المُتَّسَعَة (L-C). نجد أنّ تيار هذه الدائرة وكذلك فرق الجهد يتغير كل منهما كدالة جيبية مع الزمن لاحظ الشكل (27.3) هذه التغيرات في الفولطية والتيار في دائرة المحث- المُتَّسَعَة (L-C) تسمى الاهتزازات الكهرومغناطيسية.

وقد عَرفت أنّ الطاقة المخزونة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المُتَّسَعَة ذات السَعَة (C) تعطى بالعلاقة الآتية:

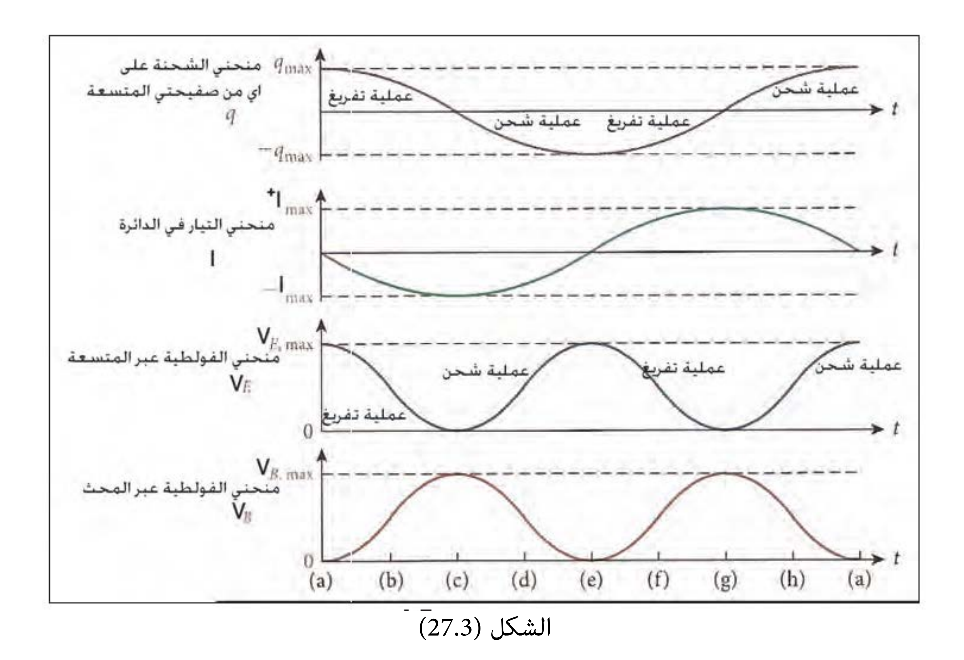
$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q_2}{C}$$

إذ أنّ (Q) تمثل مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف سعتها (C).

وأنّ الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي لمحث صرف ذي معامل الحث الذاتي (L) تعطى بالعلاقة الآتية:

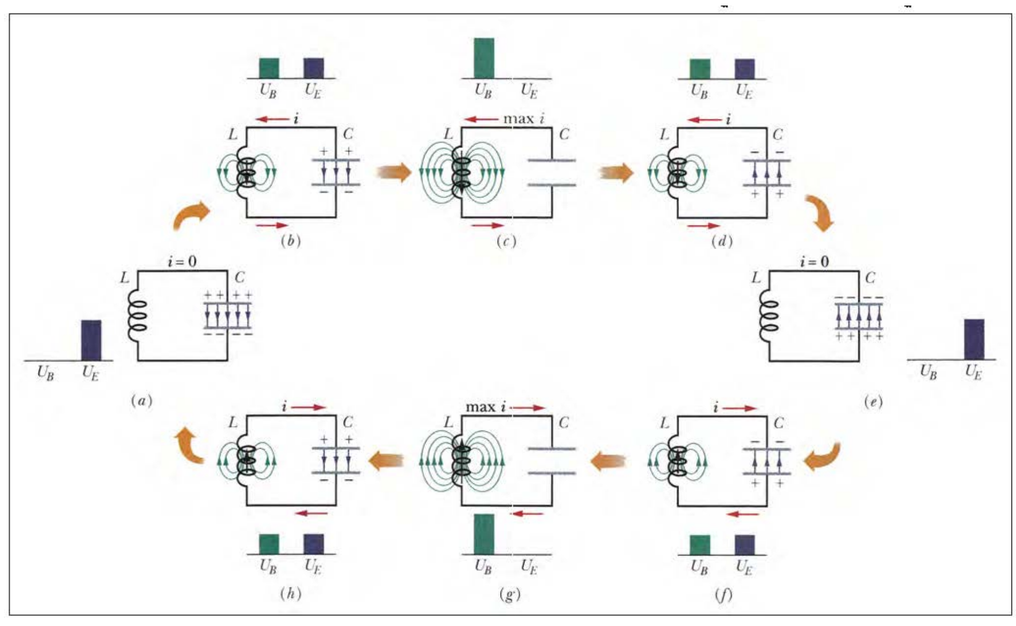
$$PE_{maghetic} = \frac{1}{2} \times LI^2$$

إذ أنّ: (I) يمثل التيار المناسب خلال المحث الصرف.



الشكل (27.3)

الشـكل (28.3) يمثـل عمليـات تبـادل الطاقـة المختزنـة في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة والطاقـة المختزنـة في المجـال المغناطيـسي للمحـث خـلال دورة كاملـة.



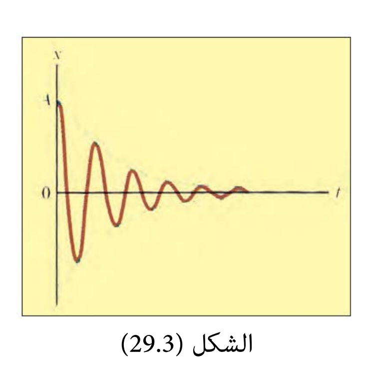
الشكل (28.3)

ابتـداءَ، الشـكل (a) تكـون المُتَّسَـعَة مشـحونة بكامـل شـحنتها وحينئـذٍ تكـون الطاقـة الكليـة في هـذه الدائـرة قـد اختُزنـت في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة، وبعـد ذلـك تبـدأ المُتَّسَـعَة بتفريـغ شـحنتها خـلال المحـث، الشـكل (b)، وفي هـذه اللحظـة ينسـاب تيـار في المحـث مولـداً مجـالاً مغناطيسـياً، وحينئـذٍ يكـون قسـمٌ مـن الطاقـة الكليـة للدائـرة مختزنـاً في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة والقسـم الآخـر يختـزن في المجـال المغناطيـسي للمحـث.

الشـكل (c) يُبـين أنّ المُتَّسَـعَة قـد تفرغـت تمامـاً مـن جميـع شـحنتها وهـذا يعنـي أنّ التيـار المنسـاب خـلال المحـث يكـون عنـد قيمتـه العظمـى. وحينئـذٍ تكـون جميـع الطاقـة في الدائـرة قـد اختُزنـت في المجـال المغناطيـسي للمحـث. وبعـد ذلـك تشـحن المُتَّسَـعَة مـن جديـد وتختـزن الطاقـة في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة ثـم تتفـرغ المُتَّسَـعَة مـن شـحنتها لـكي تخـزن الطاقـة في المجـال المغناطيـسي للمحـث. وهكـذا يسـتمر تنـاوب خـزن الطاقـة بـين المُتَّسَـعَة والمحـث مـن غـير نقصـان وذلـك لأن الدائـرة لا تتوافـر فيهـا مقاومـة تتسـبب في ضيـاع طاقـة.

في حـين نجـد سَـعَة اهتـزاز الطاقـة في دائـرة الاهتـزاز الكهرومغناطيـسي العمليـة التـي تحتـوي مُتَّسَـعَة وملفـاً (غـير مهمـل المقاومـة) تتـلاشى مـع الزمـن بسـبب احتـواء مثـل هـذه الدائـرة مقاومـة. لاحـظ الشـكل (29.3) بمـا أنّ الشـحنة المختزنـة في أي مـن صفيحتـي المُتَّسَـعَة والتيـار المنسـاب في المحـث يتغـيران كدالـة جيبيـة مـع الزمـن فـإنَّ الطاقـة المختزنـة في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة تعتمـد عـلى مربـع الشـحنة(Q^2) المختزنـة في أي مـن صفيحتيهـا والطاقـة المخزونـة في المجـال المغناطيـسي للمحـث تعتمـد عـلى مربـع التيـار (I^2) فـإنَّ هـذا يعنـي أنّ الطاقـة الكهربائيـة والطاقـة المغناطيسـية تتغـير كل منهـما بـين الصفـر والقيمـة العظمـى كدالـة للزمـن.

يمكن الحصول على حالة الرنين في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي إذا تم توليف هذه الدائرة مع تردد الإشارة المطلوب تسلمها (أي جعل تردد دائرة الاستقبال مساوياً لتردد الإشارة المطلوب تسلمها) وهذا ما يحدث في عملية التوليف بين محطات الإذاعة أو التلفاز وتردد أجهزة الاستقبال في البيوت، وذلك بتغيير سَعَة المُتَّسَعَة في الدائرة المهتزة. وبما أن شرط الرنين الكهربائي هو تساوي رادة الحث ($X_L = \omega L$) مع رادة السَعَة ($X_C = \frac{1}{\omega C}$)



الشكل (29.3)

لذا يعطى التردد الطبيعي للدائرة المهتزة بالعلاقة الآتية:

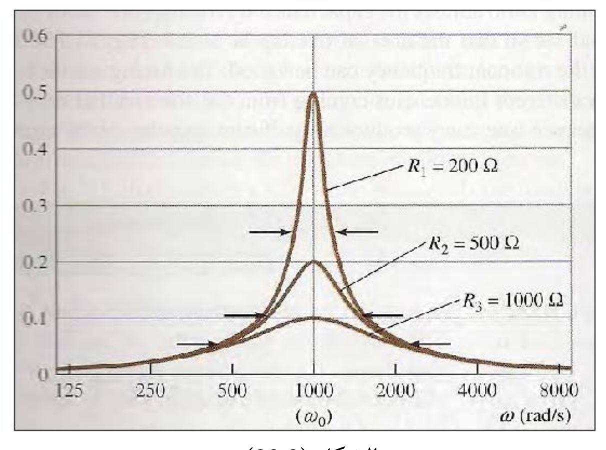
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{أو} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

3 - 11 الرنين في دوائر التيار المتناوب

إنّ الأهمية العملية لدوائر التيار المتناوب (L-R-C) متوالية الربط تكمن في الطريقة التي تتجاوب فيها مثل هذه الدوائر مع مصادر ذوات ترددات مختلفة. والتي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة إلى الدائرة بأكبر مقدار.

كمثال على ذلك دوائر التنغيم المستعملة في أجهزة الراديو وهي ببساطة دائرة (L-R-C) متوالية الربط،لاحظ الشكل (30.3) يُبين تأثير مقدار المقاومة في مقدار منحنِ التيار عند التردد الرنيني فعندما يكون مقدار المقاومة صغيراً مثلاً (200Ω) يكون منحنِ التيار رفيعاً (حاداً) ومقداره كبيراً. وإذا كانت المقاومة كبيرة مثلاً (1000Ω) فإنها تجعل منحنِ التيار واسعاً ومقداره صغيراً.

إنّ الإشارة الراديوية عند تردد معين تنتج تياراً يتغير بالتردد نفسه في دائرة الاستقبال، ويكون هذا التيار بأعظم مقدار إذا كان تردد الاستقبال (دائرة التنغيم) مساوياً لتردد الاشارة المستلمة، وعندها تكون رادة الحث ($X_L = \omega L$) مساوية لرادة السَعَة ($X_C = \frac{1}{\omega C}$) وهذا يجعل ممانعة الدائرة بأقل مقدار (Z=R).



الشكل (30.3)

فتسمى هذه الحالة الرنين الكهربائي:
(تَساوي التردد الطبيعي لدائرة الاستقبال (الراديو مثلاً) مع التردد المستلَم الخارجي (الإذاعة))
أي أنّ

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

إذ أنّ: (ω) تمثل التردد الزاوي ($\omega = 2\pi f$)
(L): تمثل معامل الحث الذاتي للمحث، (C): تمثل سَعَة المُتَّسَعَة فتكون:

$$\omega_R^{\,2} = \frac{1}{LC}$$

ومنها نحصل على التردد الزاوي للرنين:

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

أو التردد الرنيني في الدائرة

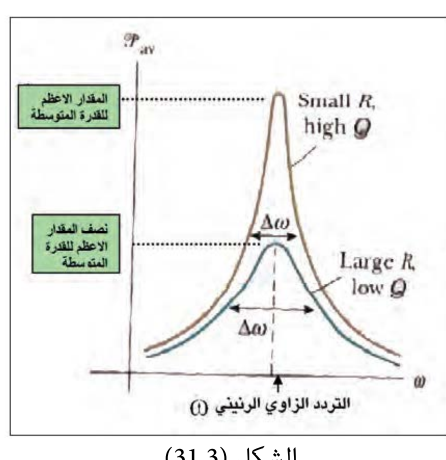
$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

يمكن تغيير التردد (f) للدائرة وذلك بتغير إما مقدار سَعَة المُتَّسَعَة (C) أو تغير معامل الحث الذاتي (L) للمحث، نجد أنّ التيار يتغير بتغير تردد الدائرة ويصل مقداره الأعظم (ذروته) عند تردد معين يسمى التردد الرنيني(f_r).
وإذا كان تـردد الدائـرة متواليـة الربـط تحتـوي ($R - L - C$) أكـبر مـن الـتردد الرنينـي، فتعمـل هـذه الدائـرة بخـواص حثيـة لأنهـا تكـون: ($X_L > X_C$) وتكـون: ($V_L > V_C$).
وإذا كان تردد هذه الدائرة أصغر من التردد الرنيني، فتعمل هذه الدائرة بخواص سعوية لأنها تكون: ($X_L < X_C$) وتكون: ($V_L < V_C$).
وإذا كان تردد هذه الدائرة يساوي التردد الرنيني، فتعمل هذه الدائرة بخواص مقاومة صرف لأنها تكون: ($X_L = X_C$) وتكون: ($V_L = V_C$).

3 - 12 عامل النوعية



تتحقق حالة الرنين في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي (R , L , C)، عندما يكون التردد الزاوي للدائرة مساوياً للتردد الرنين، أي أنّ: ($\omega = \omega_R$).
تكون عندها القدرة المتوسطة (P_{av}) بمقدارها الأعظم ، وحينئذٍ يمكن تمثيل القدرة المتوسطة والتردد الزاوي لمقدارين مختلفين للمقاومة برسم بياني. لاحظ الشكل (31.3).
* عندما تهبط القدرة المتوسطة إلى نصف مقدارها الأعظم نحصل على قيمتين للتردد الزاوي لاحظ الشكل (39) (ω_2) و (ω_1) على جانبي التردد الزاوي (ω_R).
إن الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة يسمى
نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$) ونطاق التردد الزاوي يتغير طردياً مع المقاومة (R)



الشكل (31.3)

وعكسياً مع معامل الحث الذاتي للملف.

$$\Delta \omega = \frac{R}{L}$$

إنّ النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنين (ω_R) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) يسمى عامل النوعية **(Quality Factor)** ويرمز له (Qf).

يُعرّف عامل النوعية للدائرة الرنينية بأنه:

(نسبة التردد الزاوي الرنيني (ω_R) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$)

$$Qf = \frac{\omega_R}{\Delta\omega}$$

$$Qf = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{R/L}$$

ومن ثم فإنَّ عامل النوعية يعطى بالعلاقة الآتية:

$$Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

فعندما تكون المقاومة في الدائرة صغيرة المقدار، تجعل منحني القدرة المتوسطة حاداً، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) صغيراً، وحينئذٍ يكون عامل النوعية (Qf) لهذه الدائرة عالياً.

أما عندما تكون المقاومة في الدائرة كبيرة المقدار، تجعل منحني القدرة المتوسطة واسعاً (عريضاً)، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) كبيراً، وحينئذٍ يكون عامل النوعية (Qf) لهذه الدائرة واطئاً.

مثال 6.3 Example3.6

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ($R=500\Omega$) ومحث صرف ($L=2Hz$) ومُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف ($C=0.5\mu F$) ومذبذباً كهربائياً مقدار فرق الجهد بين طرفيه (100V) ثابتاً والدائرة في حالة رنين. احسب مقدار:

ج

1 - التردد الزاوي الرنيني.
2 - رادة الحث ورادة السَعَة والرادة المحصلة.
3 - التيار المنساب في الدائرة.
4 - الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمُتَّسَعَة والرادة المحصلة).
5 - زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار وعامل القدرة.

الحل:

1 - التردد الزاوي الرنيني:

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{2 \times 5 \times 10^{-6}}} = 1000 \text{ rad/s}$$

2 - رادة الحث:

$$X_L = \omega_R L = 1000 \times 2 = 2000\Omega$$

رادة السَعَة:
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} = 2000\Omega$$

الرادة المحصلة:
$$X = X_L - X_C = 0$$

3 - بما أن الدائرة في حالة رنين: فإنَّ الممانعة الكلية: $Z=R= 500\Omega$

$$I= \frac{V}{Z} = \frac{100}{500} = 0.2A$$

- 4

$$V_R=I.R=0.2 \times 500=100V$$

$$V_L=I.X_L=0.2 \times 2000=400V$$

$$V_C=I.X_C=0.2 \times 2000=400V$$

$$V_X=V_L - V_C= 0$$

- 5
$$\tan\Phi = \frac{X}{R} = 0$$

فتكون زاوية فرق الطور $\Phi = 0$ (متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد في الدائرة الرنينية).



دليـــــــل الـــدراســـــة

1 -يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية لسهولة نقله إلى مسافات بعيدة بأقل خسائر بالطاقة، إذ ترسل القدرة الكهربائية بفولطية عالية وتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة لغرض تقليل خسائر القدرة في الأسلاك الناقلة $(I.R^2)$ والتي تظهر بشكل حرارة في حين تستعمل المحولات الخافضة في مواقع استهلاكها في المدن.

2 -للتعامل مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدوائر الكهربائية، نرسم مخططاً يسمى مخطط متجه الطور، ويسمى احياناً (المتجه الدوار). إن وجود الملفات والمتسعات في دوائر التيار المتناوب يسبب ظهور فرق في الطور بين التيار والفولطية.

3 -في دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف الفولتية والتيار يتغيران بطور واحد.

4 -المنحني الموجب للقدرة في دائرة التيار المتناوب عندما يكون الحمل فيها مقاومة صرف، يعني أن القدرة في الدائرة تستهلك أجمعها في المقاومة بشكل حرارة. وحينئذٍ تكون القدرة المتوسطة (P_{av}) تساوي نصف القدرة العظمى $\left(\frac{V_m I_m}{2}\right)$ لذا تعطى (P_{av}) بالعلاقة الآتية:

$$P_{av} = \frac{V_m I_m}{2}$$

5 -يُعَرَّف المقدار المؤثر للتيار المتناوب بأنه: مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها والفترة الزمنية نفسها.

6 -دائرة تيار متناوب: الحمل فيها محث صرف و الفولطية عبر المحث تعطى بالعلاقة لآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

في دوائر التيار المتناوب يظهر المحث معاكسه للتغير في التيار، وهذه المعاكسة تسمى رادة الحث ويرمز لها (X_L) وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

تعتمد مقدار رادة الحث (X_L) على مقدار:

*معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طردياً $(X_L \alpha L)$ بثبوت تردد التيار (f).

*التردد الزاوي (ω) وتتناسب معه طردياً $(X_L \alpha\ \omega)$ بثبوت معامل الحث الذاتي (L).

7 -عند رسم المقدار الآني للفولطية عبر المحث والمقدار الآني للتيار كدالة للزمن نحصل على منحنٍ بشكل دالة جيبية تردده ضعف

تردد الفولطية أو التيار. يحتوي أجزاء موجبة وأجزاءً سالبة متساوية. لذا فإنَّ القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفراً.

8 -دائرة تيار متناوب: الحمل فيها مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف إنَّ فرق الجهد عبر المُتَّسَعَة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

9 -رادة السَعَة هي المعاكسة التي تبديها المُتَّسَعَة للتغير في فولطية الدائرة. أي أنّ:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{أو} \quad \omega C = \frac{1}{2\pi f C}$$

10 -يعتمد مقدار الرادة السَعَوية على مقدار:

*سَعَة المُتَّسَعَة (C) وتتناسب معها عكسياً بثبوت تردد التيار (f).

*التردد الزاوي (ω) وتتناسب معه عكسياً بثبوت سَعَة المُتَّسَعَة.

11 -فـإنَّ منحنـي القـدرة الآنيـة يتغـير كدالـة جيبيـة، تـردده ضعـف تـردد التيـار أو الفولطيـة فهـو يحتـوي أجـزاء موجبـة وأجـزاء سـالبة متسـاوية بالمسـاحة، لـذا فـإنَّ القـدرة المتوسـطة لـدورة كاملـة أو عـدد صحيـح مـن الـدورات يسـاوي صفـراً.

12 -إنّ مقدار عامل القدرة في دائرة التيار المتناوب يتغير على وفق زاوية فرق الطور (Φ) في الدائرة فإذا كان:

*الحمـل في الدائـرة مقاومـة صرف فـإنَّ زاويـة فـرق الطـور (Φ) بـين متجـه الطـور للفولطيـة (V_R) ومتجـه الطـور للتيـار (I) تسـاوي صفـراً، فـإنَّ عامـل القـدرة يسـاوي الواحـد الصحيـح لأنّ: $pf = \cos \Phi = \cos 0° = 1$ $P_{app} = P_{Real}$

*الحمـل في الدائـرة محـث صرف فـإنَّ زاويـة فـرق الطـور (Φ) بـين متجـه الطـور للفولطيـة (V_L) ومتجـه الطـور للتيـار (I) تسـاوي (90°)، فـإنَّ عامـل القـدرة يسـاوي صفـراً لأنّ: $pf = \cos\Phi = \cos 90° = 0$

*الحمـل في الدائـرة مُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف فـإنَّ زاويـة فـرق الطـور (Φ) بـين متجـه الطـور للفولطيـة (V_C) ومتجـه الطـور للتيـار (I) تسـاوي صفـراً، فـإنَّ عامـل القـدرة يسـاوي صفـراً لأنّ: $\cos 90° = 0$

13 -تتألف دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي من مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف متغيرة الصرف ومحث صرف.

14 -يمكـن الحصـول عـلى حالـة الرنـين في دائـرة الاهتـزاز الكهرومغناطيـسي: إذا تـم توليـف هـذه الدائـرة مـع تـردد الإشـارة المطلـوب تسـلمها (أي جعـل تـردد دائـرة الاسـتقبال مسـاويا لـتردد الإشـارة المطلـوب تسـلمها) وهـذا مـا يحـدث في عمليـة التوليـف بـين محطـات الإذاعـة أو التلفـاز وتـردد أجهـزة الاسـتقبال في البيـوت.

15 -يعطى التردد الطبيعي للدائرة المهتزة بالعلاقة الآتية:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{أو} \quad \omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

16 -إنّ النسـبة بـين مقـداري الـتردد الـزاوي الرنـين (ω_R) ونطـاق الـتردد الـزاوي ($\Delta\omega$) يسـمى عـامل النوعيـة (Quality Factor) ويرمـز لـه (Qf). يُعَـرّف عامـل النوعيـة للدائـرة الرنينيـة بأنه:(نسـبة الـتردد الـزاوي الرنينـي (ω_R))ونطـاق الـتردد الـزاوي:

$$Qf = \frac{\omega_R}{\Delta\omega}$$

3 تقويم الوحـــدة

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1 -دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط، الحمـل فيهـا يتألـف مـن مقاومـة صرف (R) يكـون فيهـا مقـدار القـدرة المتوسـطة لـدورة كاملـة أو لعـدد صحيـح مـن الـدورات:

أ) يساوي صفراً، ومتوسط التيار يساوي صفراً.

ب) يساوي صفراً، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم للتيار.

ج) نصف المقدار الأعظم للقدرة، ومتوسط التيار يساوي صفراً.

د) نصف المقدار الأعظم للقدرة، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم للتيار.

2 -دائـرة تيـار متنـاوب متوازيـة الربـط تحتـوي محـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومقاومـة صرف (R-L-C) لا يمكـن أنْ يكـون فيهـا:

أ) التيار خلال المُتَّسَعَة متقدماً على التيار خلال المحث بفرق طور ($\Phi = \pi$).

ب) التيار خلال المُتَّسَعَة متقدماً على التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$).

ج) التيار خلال المقاومة والتيار خلال المُتَّسَعَة يكونان بالطور نفسه ($\Phi = 0$).

د) التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$).

3 -في دائـرة الاهتـزاز الكهرومغناطيـسي، عنـد اللحظـة التـي يكـون فيهـا مقـدار التيـار صفـراً، تكـون الطاقـة المختزنـة في المجـال الكهربـائي بـين صفيحتـي المُتَّسَـعَة فيهـا:

أ)صفراً   ب) بأعظم مقدار

ج) نصف مقدارها الأعظم   د) تساوي 0.707 من مقدارها الأعظم

4 -دائـرة تيـار متنـاوب، تحتـوي مذبـذب كهربـائي فـرق جهـده ثابـت المقـدار، ربطـت بـين طرفيـه مُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف سَـعَتُها ثابتـة المقـدار، عنـد ازديـاد تـردد فولطيـة المذبـذب:

أ) يزداد مقدار التيار في الدائرة.

ب) يقل مقدار التيار في الدائرة.

ج) ينقطع مقدار التيار في الدائرة.

د) أي من العبارات السابقة، يعتمد على مقدار سَعَة المُتَّسَعَة.

5 -دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي محـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومقاومـة صرف (R-L-C)، فـإنَّ جميـع القـدرة في هـذه الدائـرة:

أ) تتبدد خلال المقاومة.

ب) تتبدد خلال المُتَّسَعَة.

ج) تتبدد خلال المحث.

د) تتبدد خلال العناصر الثلاث في الدائرة.

6 -دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي محـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومقاومـة صرف (R-L-C)، ومذبذبـاً كهربائيـاً، عندمـا يكـون تـردد المذبـذب أصغـر مـن الـتردد الرنينـي لهـذه الدائـرة، فإنهـا تمتلـك:

أ) خواصاً حثية، بسبب كون $X_L > X_C$.

ب) خواصاً سَعَوية، بسبب كون $X_L > X_C$.

ج) خواصاً اومية خالصة ، بسبب كون $X_L = X_C$.

د) خواصاً سَعَوية، بسبب كون $X_L < X_C$.

7 -دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي محـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومقاومـة صرف (R-L-C) عندمـا تكـون الممانعـة الكليـة للدائـرة بأصغـر مقـدار وتيـار هـذه الدائـرة بأكـبر مقـدار، فـإنَّ مقـدار عامـل القـدرة فيهـا:

أ) أكبر من الواحد الصحيح.

ب) أقل من الواحد الصحيح.

ج) بيساوي صفراً.

د) يساوي واحد صحيح.

8 -دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي ملـف غـير مهمـل المقاومـة (L-R)، لجعـل عامـل القـدرة في هـذه الدائـرة يسـاوي الواحـد الصحيـح تربـط في هـذه الدائـرة مُتَّسَـعَة عـلى:

أ) التوالي مع الملف بشرط أنْ تكون رادة الحث (X_L) أصغر من رادة السَعَة (X_C).

ب) التوازي مع الملف بشرط أنْ تكون رادة الحث (X_L) تساوي رادة السَعَة (X_C).

ج) التوالي مع الملف بشرط أنْ تكون رادة الحث (X_L) أكبر من رادة السَعَة (X_C).

د) التوالي مع الملف بشرط أنْ تكون رادة الحث (X_L) تساوي رادة السَعَة (X_C).

9 -مصـدران للتيـار المتنـاوب يجهـز كل منهـما فولطيـة كدالـة جيبيـة، فـرق جهدهـما متسـاوٍ في قيمتـه العظمـى، ولكنهـما يمتلـكان تـردد زاوي مختلـف وكان الـتردد الـزاوي (ω_1) لـلأول أكـبر مـن الـتردد الـزاوي (ω_2) للثـاني فـإنَّ:

أ) المقدار المؤثر لفرق جهد المصدر الأول أكبر من المقدار المؤثر لفرق جهد المصدر الثاني.

ب) المقدار المؤثر لفرق جهد المصدر الأول أصغر من المقدار المؤثر لفرق جهد المصدر الثاني.

ج) المقدار الآني لفرق جهد المصدر الأول أصغر من المقدار الآني لفرق جهد المصدر الثاني.

د) المقدار الآني لفرق جهد المصدر الأول أكبر من المقدار الآني لفرق جهد المصدر الثاني.

س2/ اثبت أنّ كل من رادة الحث ورادة السَعَة تقاس بالاوم.

س3/ بين بوساطة مخطط بياني، كيف تتغير كل من رادة الحث مع تردد التيار ورادة السَعَة مع تردد الفولطية.

س4/ دائـرة تيـار متنـاوب تحتـوي مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف (R-L-C) مربوطـة عـلى التـوالي مـع بعضهـا وربطـت مجموعتهـا مـع مصـدرٍ للفولطيـة المتناوبـة. مـا العلاقـة بـين متجـه الطـور للفولطيـة الكليـة ومتجـه الطـور للتيـار في الحـالات الآتيـة:

أ) رادة الحث تساوي رادة السَعَة (X_L)=(X_C).

ب) رادة الحث أكبر من رادة السَعَة (X_L) > (X_C).

ج) رادة الحث أصغر من رادة السَعَة (X_L) < (X_C).

س5/ دائـرة تيـار متنـاوب تحتـوي مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف (R-L-C) مربوطـة عـلى التـوالي مـع بعضهـا وربطـت مجموعتهـا مـع مصـدرٍ للفولطيـة المتناوبـة.

وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السَعَة، إذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر.

س6/ علام- يعتمد مقدار كل مما يأتي:

1 -الممانعـة الكليـة لدائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف (R-L-C).

2 -عامـل القـدرة في دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف (R-L-C).

3 -عامـل النوعيـة في دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف (R-L-C).

س7/ مـا الـذي تمثلـه كل مـن الأجـزاء الموجبـة والأجـزاء السـالبة في منحـنِ القـدرة الآنيـة في دائـرة تيـار متنـاوب تحتـوي فقـط:

1 -محث صرف.

2 -مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف.

س8/

أ) لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسينت ولا تستعمل مقاومة صرف؟

ب) مـا هـي مميـزات دائـرة رنـين التـوالي الكهربائيـة التـي تحتـوي (مقاومـة صرف ومحـث صرف ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف) ومذبذبـاً كهربائيـاً.

ج) ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب)، إذا كان الحمل يتألف من:

1. مقاومة صرف. 2.محث صرف. 3. مُتَّسَعَة ذات سَعَة صرف.

4. ملف ومُتَّسَعَة والدائرة متوالية الربط ليست في حالة رنين.

س9/ ما المقصود بكل من:

1 -عامل القدرة؟

2 -عامل النوعية؟

3 -المقدار المؤثر للتيار المتناوب؟

4 -دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي؟

س10/ دائـرة تيـار متنـاوب تحتـوي مقاومـة صرف ومُتَّسَـعَة صرف ومحـث صرف (R-L-C) مربوطـة مـع بعضهـا عـلى التـوالي ومجموعتهـا مربوطـة مـع مصـدر للفولطيـة الكليـة المتناوبـة، وكانـت هـذه الدائـرة في حالـة رنـين. وضـح مـا هـي خصائـص هـذه الدائـرة ومـا علاقـة الطـور بـين متجـه الطـور للفولطيـة الكليـة ومتجـه الطـور للتيـار، إذا كان ترددهـا الـزاوي:

1 -أكبر من التردد الزاوي الرنيني.

2 -أصغر من التردد الزاوي الرنيني

3 -يساوي التردد الزاوي الرنيني

س11/ ربـط مصبـاح كهربـائي عـلى التـوالي مـع مُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومصـدرٍ للتيـار المتنـاوب. عنـد أي مـن الـترددات الزاويـة العاليـة أم الواطئـة؟ يكـون المصبـاح أكـثر توهجـا؟ وعنـد أي منهـا يكـون المصبـاح أقـل توهجـا (بثبـوت مقـدار فولطيـة المصـدر)؟ وضـح ذلـك.

س12/ ربـط مصبـاح كهربـائي عـلى التـوالي مـع محـث صرف ومصـدرٍ للتيـار المتنـاوب. عنـد أي مـن الـترددات الزاويـة العاليـة أم الواطئـة؟ يكـون المصبـاح أكـثر توهجـا؟ وعنـد أي منهـا يكـون المصبـاح أقـل توهجـا (بثبـوت مقـدار فولطيـة المصـدر)؟ وضـح ذلـك.

مسائل الوحـــدة 3

س1/ مصـدر للفولطيـة المتناوبـة، ربطـت بـين طرفيـه مقاومـة صرف مقدارهـا (250 هـم)، فـرق الجهـد بـين طـرفي المصـدر يعطـى بالعلاقـة التاليـة: ف$_{مق}$ = 500 جـا(200ط ن).

1 -اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة.

2 -احسب المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار.

3 -تردد الدائرة والتردد الزاوي للدائرة.

س2/ دائـرة اهتـزاز كهرومغناطيـسي تتألـف مـن مُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف سَـعَتُها (50\ط مكفـا) ومحـث صرف معامـل حثـه الـذاتي (5\ط ملهـنري). احسـب:

1 -التردد الطبيعي لهذه الدائرة.

2 -التردد الزاوي الطبيعي لهذه الدائرة.

س3 / تتوفـر لـدى مجـرب محـث معامـل حثـه الـذاتي (3 ملهـنري). يرغـب المجـرب تشـكيل دائـرة كهربائيـة ترددهـا الرنينـي (1 ميهيرتـز). كـم يجـب أن تكـون سَـعَة المُتَّسَـعَة الكهربائيـة المسـتخدمة؟

س4/ ربـط ملـف بـين قطبـي بطاريـة فـرق الجهـد بينهـما (20 فـل) كان تيـار الدائـرة (5 أم). فـإذا فصـل الملـف عـن البطاريـة وربـط بـين قطبـي مصـدر للفولطيـة المتناوبـة والمقـدار المؤثـر لفـرق الجهـد بـين قطبيـه (20 فـل) بـتردد (700/22)Hz وكان تيـار هـذه الدائـرة (4 أم). احسـب مقـدار:

1 -معامل الحث الذاتي للملف.

2 -زاوية فرق الطور بين متجه الفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة.

3 -عامل القدرة.

4 -كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرة.

س5/ مقاومـة صرف مقدارهـا (150 هـم) ربطـت عـلى التـوالي مـع ملـف مهمـل المقاومـة معامـل حثـه الـذاتي (0.2 هـنري) ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف، ربطـت المجموعـة بـين قطبـي مصـدر للفولطيـة المتناوبـة تـردده (500\ط هيرتـز) وفـرق الجهـد بـين طرفيـه (300 فـل). احسـب مقـدار:

1 -سَعَة المُتَّسَعَة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة (150 هم).

2 -عامل القدرة في الدائرة وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار.

3 -ارسم المخطط الطوري للممانعة.

4 -تيار الدائرة.

5 -كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) و القدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة).

س6/ دائـرة تيـار متنـاوب متواليـة الربـط تحتـوي ملـف مقاومتـه (10 هـم) ومعامـل حثـه الـذاتي (0.5 هـنري) ومقاومـة صرف مقدارهـا ومُتَّسَـعَة ذات سَـعَة صرف ومصـدراً للفولطيـة المتناوبـة تـردده (100\ط هيرتـز) وفـرق الجهـد بـين طرفيـه (200 فـل) كان مقـدار عامـل القـدرة فيهـا (0.6) وللدائـرة خـواص سـعوية. احسـب مقـدار:

1 -التيار في الدائرة.

2 -سَعَة المُتَّسَعَة.

3 -ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولتية الكلية ومتجه الطور للتيار.

س7/ مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (400 نقية\ث) وفرق الجهد بين قطبيه (500 فل) ربط بين قطبيه على التوالي (مُتَّسَعَة سعتها (10 مكفا) وملف معامل حثه الذاتي (0.125 هنري) ومقاومته (150 هم) ما مقدار:

1 -الممانعة الكلية وتيار الدائرة.

2 -فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمُتَّسَعَة.

3 -زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار. ما هي خصائص هذه الدائرة؟

4 -عامل القدرة.

س8/ مقاومة (30 هم) ربطت على التوالي مع مُتَّسَعَة ذي سَعَة خالصة وربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد (50 هيرتز) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (50 هم) فما مقدار 1 -سَعَة المُتَّسَعَة؟

2 -صما مقدار معامل الحث الذاتي للملف الواجب ربطه على التوالي مع الدائرة لتبقى ممانعة الدائرة كما هي؟



- المجالات المغناطيسية يمكن انتاجها بطرق مختلفة, هل يمكنك تحديدها؟
- هل سمعت أو رأيت الشفق القطبي الذي يتكون في القطب المنجمد الشمالي أو الجنوبي؟
- هل حاولت تفسير حدوثه وكيف تكونت ألوان طيفه الجميلة؟
- لديك سلك موصل ينساب فيه تيار كهربائي, ما الفرق برأيك بين وضعه بشكل مستقيم مرة وبشكل ملف مرة أخرى على مقدار التيار المنساب؟
- حين تشغيلك المولد الكهربائي في بيتك وربطه بدائرة أحمال البيت الكهربائية تلحظ زيادة الجهد الميكانيكي على محرك المولد الكهربائي. هل تساءلت عن سبب ذلك؟
- حين معايرتك لشمعات القدح في محرك سيارتك وهي تعمل, قد تتعرض لصعقة كهربائية شديدة جداً يصل جهدها الكهربائي إلى آلاف الفولتات, هل تساءلت عن كيفية توليد هذا الجهد الكهربائي الهائل من نضيدة جهدها الكهربائي لا يتعدى 12 فلط.

الوحدة 4 الكهرومغناطيسية

الأهـــداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يُعَرّفُ مفهوم المغناطيسية.
- يُوَضّحُ تأثير كل من المجال الكهربائي والمغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله.
- يُفَسّرُ ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي.
- يَذّكُرُ اكتشاف فراداي.
- يَشّرَحُ كيفية الحصول على قوة دافعة كهربائية حركية.
- يُعَرّفُ الفيض المغناطيسي.
- يُعَرّفُ قانون لنز والفائدة العملية من تطبيقه.
- يَشّرَحُ عمل المولد الكهربائي.
- يُقَارِنُ بين مولد التيار المتناوب ومولد التيار المستمر.
- يَشّرَحُ بتجربة كيفية توليد القوة الدافعة الكهربائية الذاتية على طرفي ملف.

مفردات الوحدة



ScientificTerms	المصطلحات العلمية
Electromagnetic Induction	الحث الكهرومغناطيسي
Electromotive Force	القوة الدافعة الكهربائية
Induced Currents	التيارات المحتثة
Magnetic Flux	الفيض المغناطيسي
Motional emf	القوة الدافعة الكهربائية الحركية
Eddy Currents	التيارات الدوامة
Faraday's Law	قانون فراداي
Lenz's Law	قانون لنز
Electric Generator	المولد الكهربائي
Electric Motor	المحرك الكهربائي
Induced Electromotive Force	القوة الدافعة الكهربائية المحتثة
Induced Electric Fields	المجالات الكهربائية المحتثة
Self – Inductance	الحث الذاتي
Mutual Induction	الحث المتبادل
Inductors	المحاثات
Metal Detectors	كاشفات المعادن
Magnetic Field	المجال المغناطيسي
Moving Charges	الشحنات المتحركة
Magnetic Force	القوة المغناطيسية
Lorentz Force	قوة لورنز
Induction Stove	الطباخ الحثي
Faraday's Discovery	اكتشاف فراداي

الكميـــــات الفيزيائـــــية الـــــواردة في الـــوحدة ورمـــــوزها

الكمية الفيزيائية	الرمز الدولي
القوة الكهربائية	F_E
المجال الكهربائي	E
القوة المغناطيسية	F_B
كثافة الفيض المغناطيسي	B
الفيض المغناطيسي	Φ_B
القوة الدافعة الحركية	$\varepsilon_{motional}$
القوة الدافعة الكهربائية المحتثة	ε_{ind}
القدرة	p
عدد اللفات	N
تردد الدوران	f
التردد الزاوي	ω
الفولطية المطبقة	$V_{applied}$
معامل الحث الذاتي	L
معامل الحث المتبادل	M
الطاقة الكامنة الكهربائية	$PE_{electric}$
الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي	$PE_{magnatic}$



4 الموجات الكهرومغناطيسية

Electromagnetic Waves

أهـــداف الـــدرس

الدرس الأول : (ثلاث حصص)

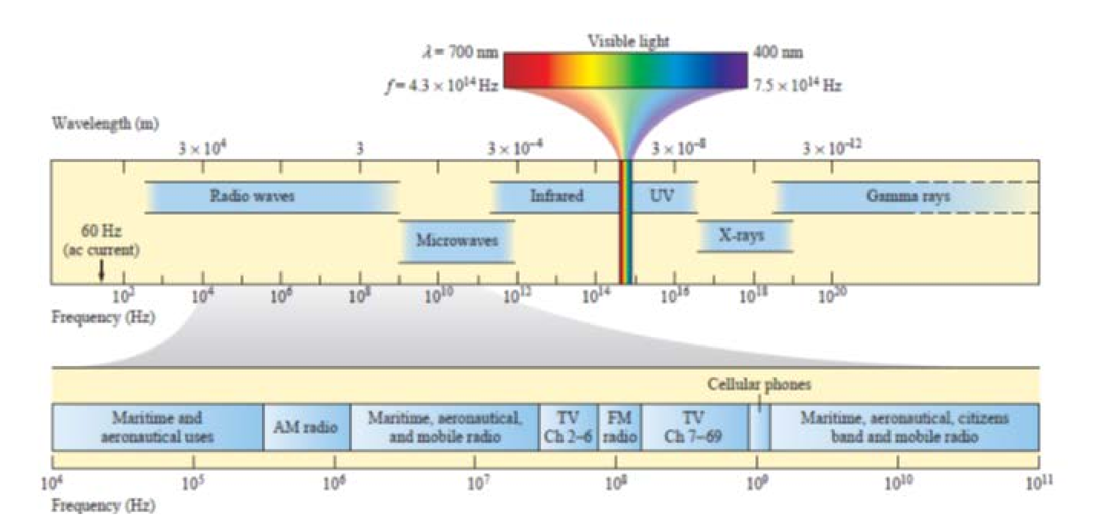
بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يعدد الموجات الكهرومغناطيسية وأهم خصائصها.
- يشرح كيفية توليدها.
- يفسر الحقائق التي وضعها ماكسويل في النظرية المغناطيسية.
- يقارن بين تيار الإزاحة وتيار التوصيل.

4 .1 مُقَدّمة في الكهرومغناطيسية

في حياتنا اليومية يمكن أن نلاحظ أنواعاً مختلفة من الظواهر الموجية فهناك موجات تحتاج إلى وجود وسط مادي لانتشارها وهذا الوسط المادي إما أن يكون غازاً أو سائلاً أو صلباً ومثال على ذلك انتشار الموجات الصوتية في الأوساط المادية المختلفة التي هي موجات ميكانيكية طولية ناتجة عن اهتزاز جزيئات الوسط الناقل لها.

وهنالك الموجات الكهرومغناطيسية التي لا يشترط فيها وجود وسط مادي لانتشارها. وقد سبق أن درست الطيف الكهرومغناطيسي الذي يتكون من مدى واسع من الترددات التي تختلف بعضها عن البعض الآخر تبعاً لطريقة توليدها ومصدرها وتقنية كشفها واختراقها للأوساط المختلفة والشكل (1.4) يوضح أنواعاً من هذه الموجات.

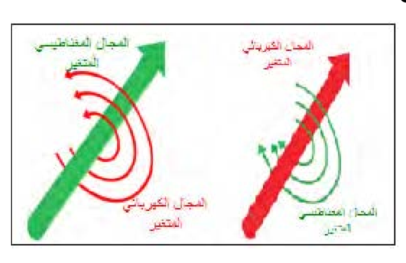


Visible light
λ = 700 nm
400 nm
f = 4.3 × 10^14 Hz
7.5 × 10^14 Hz
Wavelength (m)
3 × 10^4
3
3 × 10^-4
3 × 10^-8
3 × 10^-12
Radio waves
Infrared
UV
Gamma rays
Microwaves
X-rays
60 Hz
(ac current)
10^2
10^4
10^6
10^8
10^10
10^12
10^14
10^16
10^18
10^20
Frequency (Hz)
Cellular phones
Maritime and aeronautical uses
AM radio
Maritime, aeronautical, and mobile radio
TV Ch 2–6
FM radio
TV Ch 7–69
Maritime, aeronautical, citizens band and mobile radio
10^4
10^5
10^6
10^7
10^8
10^9
10^10
10^11
Frequency (Hz)

الشكل (1.4)

4 - 2 ماكسويل والنظرية الكهرومغناطيسية

مـن الانجـازات المهمـة في الفيزيـاء في القـرن التاسـع عـشر هـو اكتشـاف الموجـات الكهرومغناطيسـية الناتجـة عـن الدراسـات التـي قـام بهـا الكثـير مـن علـماء الفيزيـاء أمثـال فـراداي وأمبـير وكاوس وقـد سـبق أن تعرفـت عليهـا في دراسـتك السـابقة، إذ وجـد بالتجربـة أن المجـال المغناطيـسي المتغـير الـذي يخـترق موصـل يولـد قـوة دافعـة كهربائيـة محتثـة (Induced emf) عـلى طـرفي ذلـك الموصـل, وهـذا مـا يسـمى بالحـث الكهرومغناطيـسي، إذا تولـد مجـالاً كهربائيـاً متغـيراً في الفضـاء سـيتولد معـه مجـالاً مغناطيسـياً متغـيراً عموديـاً عليـه ومتفقـاً معـه في الطـور والعكـس صحيـح.. لاحـظ الشـكل (2.4).



الشكل (2.4)

واسـتناداً إلى هـذه الحقائـق تمكـن عـالم الفيزيـاء ماكسـويل في عـام 1860 م مـن ربـط القوانـين الخاصـة بالمجـالات الكهربائيـة والمغناطيسـية والـذي عـبر عنهـا بالحقائـق الآتيـة:

1 -الشـحنة الكهربائيـة النقطيـة السـاكنة في الفضـاء تولـد حولهـا مجـالاً كهربائيـاً تنبـع خطوطـه مـن موقـع تلـك الشـحنة أو إليهـا.

2 -لا يتوافر قطب مغناطيسي منفرد (لذا فإن خطوط المجال المغناطيسي تكون مغلقة).

3 -المجـال الكهربـائي المتغـير مـع الزمـن يولـد حولـه مجـالاً مغناطيسـياً متغـيراً مـع الزمـن وعموديـاً عليـه ومتفقـاً معـه في الطـور.

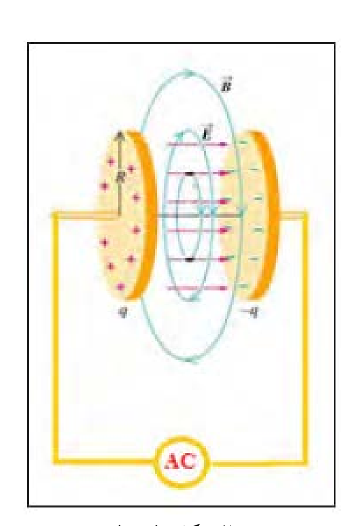
4 -المجـال المغناطيـسي المتغـير مـع الزمـن يولـد حولـه مجـالاً كهربائيـاً متغـيراً مـع الزمـن وعموديـاً عليـه ومتفقـاً معـه في الطـور.

وقـد اسـتنتج ماكسـويل أن المجالـين الكهربـائي والمغناطيـسي المتغيريـن مـع الزمـن والمتلازمـين يمكـن أن ينتـشران بشـكل موجـة في الفضـاء تسـمى بالموجـة الكهرومغناطيسـية.(electromagnetic wave)

إن أصـل نشـوء الموجـات الكهرومغناطيسـية هـي الشـحنات الكهربائيـة المتذبذبـة، إذ ينتـج عـن هـذا التذبـذب مجالـين كهربـائي ومغناطيـسي متغيريـن مـع الزمـن ومتلازمـين ومتعامديـن مـع بعضهـما وعموديـين عـلى خـط أنتشـارهما وتنتـشر الموجـات الكهرومغناطيسـية في الفـراغ بسرعـة الضـوء.
$3 \times 10^{8}\ m/s$

وقـد وجـد ماكسـويل أن المجـال المغناطيـسي لا ينشـأ فقـط عـن تيـار التوصيـل الاعتيـادي وإنمـا يمكـن أن ينشـأ مـن مجـال كهربـائي متغـير مـع الزمـن. (فسـبحان اللـه وتعـالى في صنعـه ودقـة خلقـه).

فعـلى سـبيل المثـال عنـد ربـط صفيحتـي مُتّسَـعَة عـبر مصـدر ذي فولتيـة متناوبـة فـإن المجـال الكهربـائي (E) المتغـير مـع الزمـن بـين صفيحتيهـا يولـد تيـاراً كهربائيـاً والـذي بـدوره يولـد مجـالاً مغناطيسـياً (B) متغـيراً مـع الزمـن وعموديـاً عليـه لاحـظ الشـكل (3.4). وقـد سـمي هـذا التيـار بتيـار الإزاحـة (I_d).



الشكل (3.4)

أي أن: تيار الإزاحة (I_d) يتناسب مع المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي $\frac{\Delta E}{\Delta t}$.

ومنها:

$$I_d \; \alpha \; \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

ومن الجدير بالذكر أن تيار الإزاحة يرافق الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة في الفضاء بخلاف تيار التوصيل الذي ينتقل خلال الموصل فقط. سبحان الله

هل تعلم

إن ماكسويل حور قانون أمبير واستعمله مع ثلاثة قوانين أخرى أساسية في الكهربائية والمغناطيسية ليوضح أن الموجات الكهرومغناطيسية تتولد وتنتج وتصف خواصها ومميزاتها.. الأربع قوانين جميعها تدعى معادلات ماكسويل.

1 -معادلة كاوس في الكهربائية: لما كانت خطوط المجال الكهربائي غير مغلقة فهي تبدأ من شحنة موجبة وتنتهي إلي شحنة سالبة, وأن الشحنة الكهربائية تنتج مجالاً كهربائياً يعطى بالعلاقة الآتية:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_\circ}$$

E: شدة المجال الكهربائي.

Q: الشحنة الكهربائية.

$\epsilon_\circ$: ثابت سماحية الفراغ للمجال الكهربائي.

2 -معادلة كاوس في المغناطيسية: خطوط المجال المغناطيسي مغلقة دائماً لذلك لا يوجد قطب مغناطيسي منفرد، أي أن الفيض المغناطيسي خلال سطح مغلق قيمته صفر.

$$\Phi_B = \Sigma B \perp A = 0$$

حيث:

Φ_B: الفيض المغناطيسي الذي يخترق السطح A. $B \perp$: المركبة العمودية لكثافة الفيض المغناطيسي.

3 -قانون فاراداي: تغير المجال المغناطيسي مصدر آخر للمجال الكهربائي.

$$\varepsilon_{\,emf} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

4 -قانون أمبير ماكسويل: كُلاً من التيار وتغير المجال الكهربائي هما مصدراً للمجال المغناطيسي.

صافي غ$_{||}$ Δل =ذ$_\circ$ (I + سمح$_\circ$ Δض$_ك$/Δن)

$$\Sigma B_{||} \Delta \iota = \mu_\circ \left(I + \epsilon_\circ \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t}\right)$$

$B_{||}$: كثافة الفيض المغناطيسي.

$\Delta \iota$: تغير الطول.

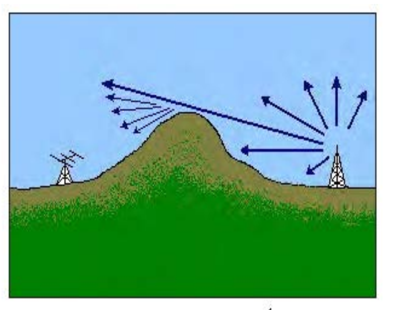
$\mu_\circ$: نفوذية الفراغ للمجال المغناطيسي.

I : التيار الكهربائي.

$\epsilon_\circ$: سماحية الفراغ للمجال الكهربائي.

$\Delta \Phi_E$: تغير الفيض المغناطيسي.

ومن أهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية:

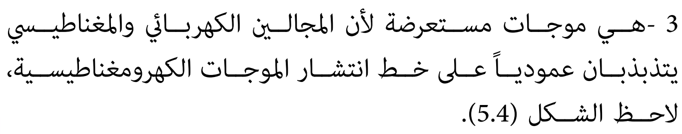


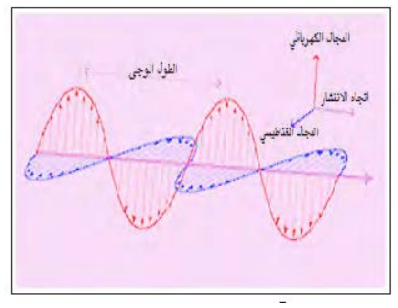
الشكل (4.4)

1 -تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها لاحظ الشكل (4.4).

2 -تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن وبمستويين متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بالطور نفسه لاحظ الشكل (5.4).

3 -هي موجات مستعرضة لأن المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان عمودياً على خط انتشار الموجات الكهرومغناطيسية، لاحظ الشكل (5.4).





الشكل (5.4)

4 -تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وعند انتقالها في وسط مادي تقل سرعتها تبعاً للخصائص الفيزيائية لذلك الوسط.

وتتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية، ويمكن توليد بعضاً منها بوساطة مولد الذبذبات.

5 -تتوزع طاقة الموجات الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها في الفراغ.

3-4 توليد الموجات الكهرومغناطيسية من

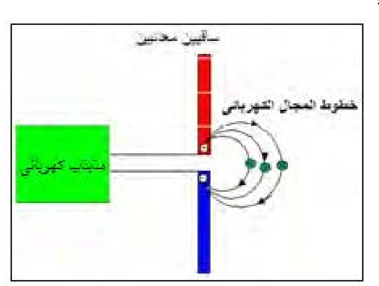
أول من تمكن من توليد الموجات الكهرومغناطيسية الفيزيائي الألماني هنري هرتز في عام 1887 م وذلك بإحداث شرارة كهربائية بين قطبي الملف الثانوي لجهاز ملف الحث عند توافر انحدار جهد كافٍ بينهما لاحظ الشكل (6.4). وقد نجح في استقبال هذه الموجات في فجوة بين نهايتي حلقة معدنية إذ لاحظ تولد شرارة بينهما عند وضع معين من غير وجود أسلاك توصيل بين المرسل والمستقبل, وقد لاحظ هرتز أن إشارة الموجات الكهرومغناطيسية لا يتم استقبالها إلا إذا كانت الحلقة ذات قطر محدد وموضوعة في وضع يكون فيه الخط الفاصل بين طرفي فتحتها يوازي الخط الواصل بين القطبين الذي يولد الشرارة.

الشكل (6.4)

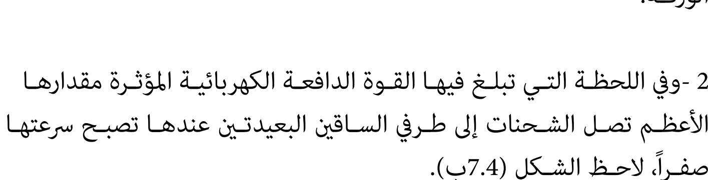
كما علمت من دراستك السابقة أن الشحنة النقطية تولد حولها مجالاً كهربائياً فقط بينما تولد الشحنات المتحركة بسرعة ثابتة مجالين كهربائي ومغناطيسي ثابتين. أما الشحنات المعجلة فتولد مجالين كهربائي ومغناطيسي ينتشران في الفضاء.

ولتوضيح توليد الموجات الكهرومغناطيسية يربط ساقان معدنيان (ثنائي قطب كهربائي) إلى مصدر فولتية متناوب (مذبذب كهربائي)، وفي ما يأتي شرح كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية.

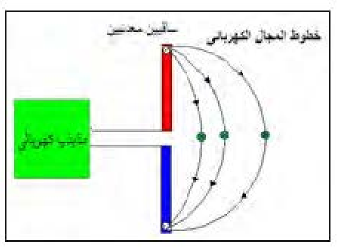
1 -عند ربط قطبي المذبذب إلى طرفي الساقين المتقاربين تبدأ الشحنات الموجبة بالحركة في الساق العلوي نحو الاعلى، والسالبة في الساق السفلي نحو الأسفل لاحظ الشكل (7.4أ)، ويكون الشكل خطوط القوة الكهربائية حول الساقين متجها من الطرف الموجب الشحنة إلى الطرف السالب الشحنة، أما خطوط القوة المغناطيسية فتكون بشكل دوائر بمستويات عمودية على خطوط المجال الكهربائي، كما بينتها علامة الاتجاه ⊗ ذات اللون الأخضر التي تشير إلى دخول الخطوط في مستوى الورقة.



الشكل (7.4أ)

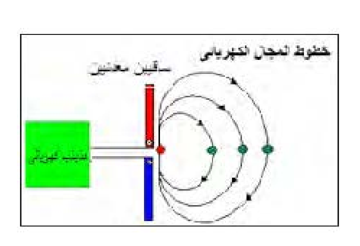


2 -وفي اللحظة التي تبلغ فيها القوة الدافعة الكهربائية المؤثرة مقدارها الأعظم تصل الشحنات إلى طرفي الساقين البعيدتين عندها تصبح سرعتها صفراً، لاحظ الشكل (7.4ب).



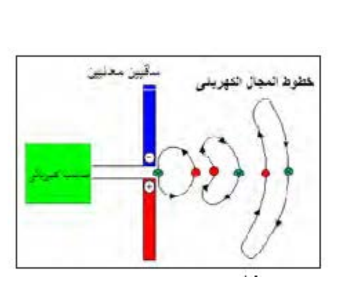
الشكل (7.4ب)

3 -عندما تبدأ القوة الدافعة الكهربائية المؤثرة بالتناقص ينعكس اتجاه حركة الشحنات إذ تتحرك الشحنات الموجبة والسالبة باتجاه بعضها بعضاً, ونتيجة لذلك تتقارب نهايتي خطوط المجالين (الكهربائي والمغناطيسي) لاحظ الشكل (7.4ج) لتكون حلقة مغلقة عند وصول الشحنة الموجبة مع الشحنة السالبة إلى نقطتي بدء حركتهما نلاحظ تلك الحلقات وانتشارهما في الفضاء مبتعدين.

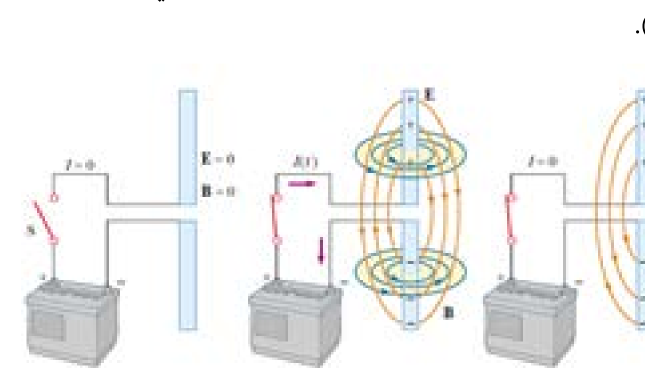


الشكل (7.4ج)

4 -عندما تبدأ القوة الدافعة الكهربائية المؤثرة بالتنامي من جديد بالاتجاه المعاكس لحظة انقلاب الشحنتين على طرفي ثنائي القطب الكهربائي (انقلاب القطبية) فإن الشحنة السالبة تكون في الساق العلوي والشحنة الموجبة تكون في الساق السفلي وتتحركان متباعدتين باتجاهين متعاكسين لاحظ الشكل (7.4د) في هذه المرة فإن المجال الكهربائي يصبح باتجاه معاكس لاتجاهه السابق وكذلك المجال المغناطيسي (مؤشر بنقطة حمراء).

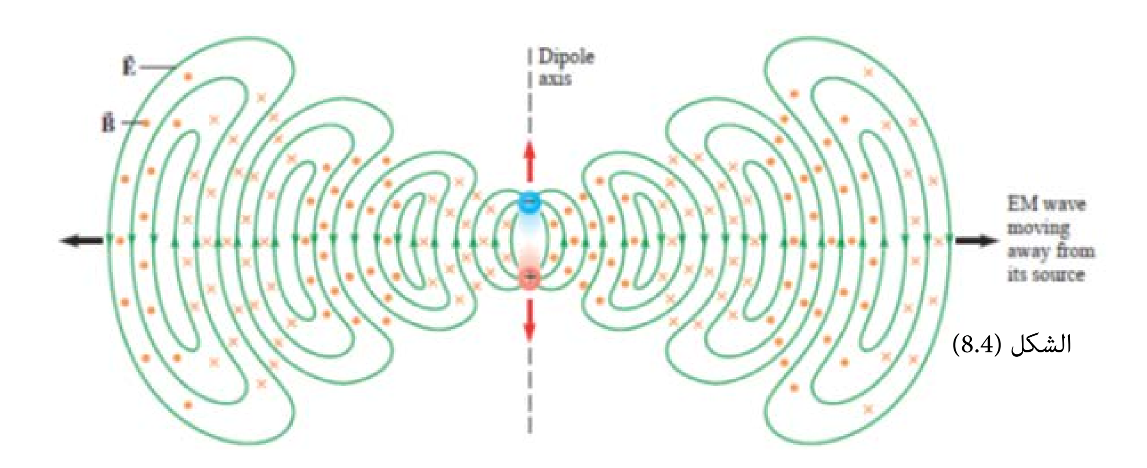


الشكل (7.4د)

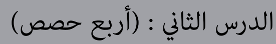


توضيح آخر لعملية الاهتزاز

ومـن هـذا التتابـع في المتغـيرات التـي تطـرأ عـلى المجالـين الكهربـائي والمغناطيـسي تتكـون حلقـات مغلقـة لخطـوط القـوى الكهربائيـة والمغناطيسـية في مسـتويات متعامـدة تنتـشر بعيـداً عـن ثنـائي القطـب الكهربـائي تمثـل جبهـات لموجـات كهرومغناطيسـية لاحـظ الشـكل (8.4).



الشكل (8.4)



أهـداف الـدرس

الدرس الثاني : (أربع حصص)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يشرح كيفية عمل دوائر الإرسال والاستقبال.
- يبين مع الرسم كيف يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية.
- يطبق قانون دائرة الرنين في حل المسائل.



4 - 4 مبادئ الإرسال والاستلام للموجات

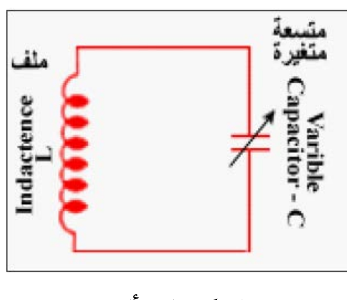
هل تساءلت يوماً وأنت تسمع صوت المذياع كيف يمكن لهذا الصوت أن يصل إليك عبر الفضاء ومن مسافات بعيدة جداً؟

يتم ذلك بوساطة نقل المعلومات من الموجة السمعية (المحمولة) إلى الموجة الراديوية (الحاملة) (كما سنأتي على ذكر ذلك لاحقاً) وبعدها تُبَث هذه الموجات عن طريق محطة الإرسال, واستقبالها يتم عن طريق جهاز الاستقبال (المذياع). إن عملية الإرسال والاستقبال تعتمد على جهازين أساسيين هما:

1 - دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي.　　　2 - الهوائي.

1 - دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي (دائرة الرنين):

تتألف الدائرة المهتزة من ملف (مهمل المقاومة الأومية) يتصل مع مُتّسَعَة متغيرة السَعَة كما موضح بالشكل (9.4أ).



الشكل (9.4أ)

ويمكن لهذه الدائرة أن تولد تردداً رنينياً (f_r) من خلال عملية التوليف على وفق العلاقة الآتية:

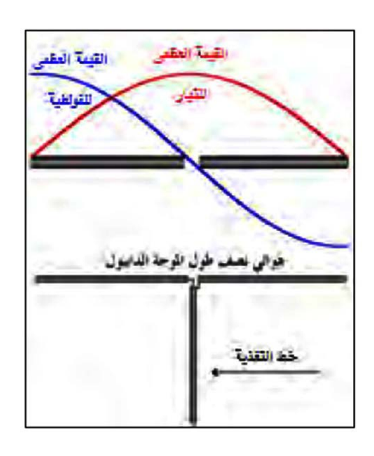
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

2 - الهوائي:

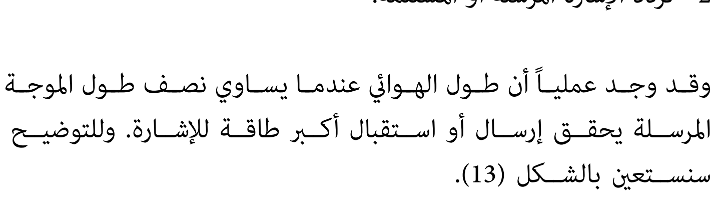
يتكون الهوائي من سلكين معدنيين منفصلين يربطان إلى مصدر فولتية متناوبة يشحن السلكان بشحنتين متساويتين بالمقدار ومختلفتين بالنوع، لاحظ الشكل (9.4ب) وتتبدد الطاقة المنبعثة من هوائي الإرسال في الفضاء بشكل موجات كهرومغناطيسية وتعتمد على قدرة الهوائي في الإرسال أو التسلم على:

1 - مقدار الفولتية المجهزة للهوائي.

2 - تردد الإشارة المرسلة أو المستلمة.

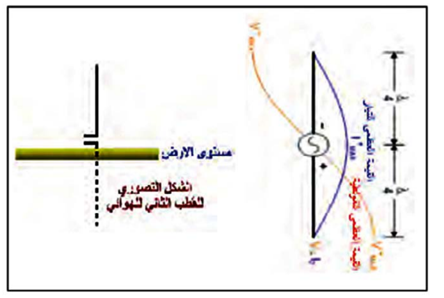


الشكل (9.4ب)



وقد وجد عملياً أن طول الهوائي عندما يساوي نصف طول الموجة المرسلة يحقق إرسال أو استقبال أكبر طاقة للإشارة. وللتوضيح سنستعين بالشكل (13).

فـرق الطـور بـين التيـار المتولـد والقـوة الدافعـة الكهربائيـة يسـاوي (90°) كـما تلاحـظ في الشـكل تكـون الفولتيـة في قيمتهـا العظمـى (V_{max}) عنـد نهايتـي الهـوائي ويكـون التيـار في قيمتـه العظمـى (I_{max}) عنـد منتصـف الهـوائي (نقطـة تغذيـة قطبـي الهـوائي بتيـار الإشـارة المـراد إرسـالها) عندهـا تكـون الممانعـة قليلـة في هـذه النقطـة, في حـين تكـون الممانعـة عاليـة عنـد نهايتـي الهـوائي لـذا يمكـن تغذيـة الهـوائي بأعظـم قـدرة مـن الدائـرة المهتـزة مقارنـة مـع أي طـول آخـر.



الشكل (10.4)

ويمكـن تأريـض أحـد أقطـاب الهـوائي كـما تلاحـظ في الشـكل (10.4) ليكـون هـوائي إرسـال أو اسـتقبال بطـول ربـع موجـة، إذ تعمـل الأرض عـلى تكويـن صـورة لجهـد القطـب بالطـول نفسـه وبذلـك يتكـون قطـب آخـر في الأرض بطـول ربـع موجـة لتكتمـل خـواص هـوائي نصـف موجـة. ويسـمى مثـل هـذا الهـوائي بهـوائي ربـع موجـة.

هل تعلم

عـادة حينـما نلمـس هـوائي الراديـو تـزداد شـدة المسـتقبل تحسـنا لأن الهـوائي يصبـح ربـع طـول موجـة وزيـادة عـلى ذلـك فـإن سَـعَة المُتَّسَـعَة تقل فيـزداد عامـل الجـودة ويصـير الانتقـاء حـادًا وجيـدًا.

Example 4.1 — مثال 1.4

ضبطت دائرة موالفة في جهاز راديو محطة إذاعية بحيث كانت قيمة المحاثة في الدائرة (**6.4** μF) وقيمة السَعَة (**1.9** pF).

1 - أوجد قيمة تردد الموجات التي يلتقطها الجهاز؟ 2- ما طولها الموجي؟

الحل:

1 -تحسب قيمة التردد من العلاقة الآتية:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \leftarrow f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{6.4\times10^{6}\times1.9\times10^{-12}}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{6.4\times10^{6}\times1.9\times10^{-12}}} \qquad f_r = \frac{1}{2\times3.14\sqrt{12.16\times10^{-12}}} \qquad f_r = 45.665\times10^{6}\ H_z$$

2 -الطول الموجي يحسب من العلاقة الآتية:

$$\lambda = \frac{C}{f_r} \leftarrow \lambda = \frac{3\times10^{8}}{45.665\times10^{6}}$$

$$\lambda = \frac{300}{45.665} \qquad \lambda = 6.57\ m$$

هل تعلم

أن هـوائي الاسـتقبال لمحطـات تسـلم القنـوات الفضائيـة موجـود ضمـن وعـاء معـدني ويكـون بشـكل سـلك معـدني صغـير مـؤرض بهـذا الوعـاء.

Example 4.2 | مثال 2.4

يـراد اسـتعمال هـوائي نصـف موجـة لإرسـال إشـارات لاسـلكية لـلترددات الآتيـة: (**20 KHz**، **200 KHz**)، احسـب طـول الهـوائي لـكل مـن هذيـن الترددين وبـين أي مـن هـذه الهوائيـات مناسـب للاسـتعمال العمـلي.

د

الحل:

حساب طول الهوائي للتردد (**20 KHz**).

نحسب أولاً الطول الموجي (λ) من خلال استعمال العلاقة الآتية:

$$\lambda = \frac{3\times10^{8}}{20\times10^{3}} \qquad \lambda = \frac{3}{20} \times 10^{5}m = 15Km$$

طول هوائي (l) نصف الموجة $\lambda/2$ يساوي: 7.5 كم

ومـن الجديـر بالذكـر أن طـول هـذا الهـوائي لا يمكـن اسـتعماله مـن الناحيـة العمليـة ولغـرض إرسـال مثـل هـذا الـتردد نقـوم بتحميلـه عـلى موجـة عاليـة الـتردد بعمليـة تضمـين (سـيأتي شرحهـا لاحقـاً).

حساب طول الهوائي للتردد (**200 KHz**).

نحسب أولا الطول الموجي $\lambda = C/f_r$

$$\lambda = \frac{3\times10^{8}}{200\times10^{6}} \qquad \lambda = \frac{3}{2} = 1.5m$$

طول الهوائي المستعمل لنصف طول موجة يكون مناسباً من الناحية العلمية:

نصف الموجة $\lambda/2$ = 75 سم

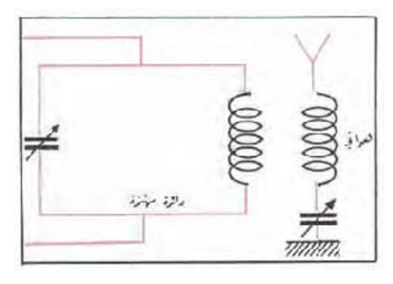
وعند تأريض هذا الهوائي يصبح هوائياً بطول ربع طول الموجة $\lambda/4$ وعندئذ يكون طوله 37.5 سم

يكون هذا الطول مناسباً أكثر للاستعمالات العملية.

4 - 5 كيفيـة عمـل دوائـر الإرسـال

4 - 5 - 1 دائرة الإرسال:

يبـين الشـكل (11.4) الأجـزاء الأساسـية لجهـاز الإرسـال والـذي يتكـون مـن:



الشكل (11.4)

•دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي: وتحتوي ملفاً ومُتّسَعَة متغيرة السَعَة.

•هوائي: ويحوي ملفاً مقابلاً لملف دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي ومُتّسَعَة متغيرة السَعَة متصلاً بسلك معدني حر أو موصلاً بالأرض.

طريقة عمله:

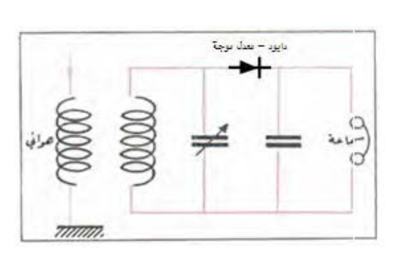
1 -عندما تغذى الدائرة المهتزة بالطاقة تبدأ في العمل وتولد موجات الإشارة الكهربائية ويمكن التحكم في ترددها عن طريق تغيير سَعَة المُتّسَعَة في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي (أو معامل الحث الذاتي للملف).

2 -تتسبب موجات الإشارة الكهربائية التي تبثها دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي في توليد تيار محتث متناوب في ملف الهوائي إذ يكون تردد هذا التيار مساوياً لتردد موجات الإشارات الكهربائية التي تولدها الدائرة المهتزة.

3 -ينتج التيار المحتث المتولد في ملف الهوائي قوة دافعة كهربائية في سلك الهوائي ترددها يساوي تردد التيار المحتث في الملف وهذه القوة الدافعة الكهربائية تولد الموجات الكهرومغناطيسية التي يبثها سلك الهوائي إلى الفضاء.

2-5-4 دائرة الاستقبال:

يبين الشكل (12.4) الأجزاء الأساسية لجهاز الاستقبال والذي يتكون من:



الشكل (12.4)

•دائرة مهتزة: تتكون من ملف، مُتّسَعَة متغيرة السَعَة.

•هوائي: مكون من سلك معدني مرتبط بملف مؤرض.

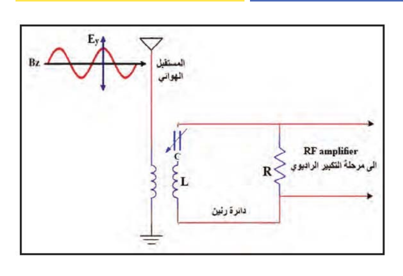
طريقة عملها:

1 -يستقبل الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية من الفضاء, إذ تولد فيه تياراً متناوباً تردده يساوي تردد تلك الموجات.

2 -يولد التيار المحتث المتناوب المار في ملف الهوائي إشارة كهربائية ترددها يساوي تردد التيار المحتث، والتي يعمل الهوائي على تسلمها.

4 - 6 الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد

يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية إما بوساطة مجالها الكهربائي أو بمجالها المغناطيسي



الشكل (13.4)

4 - 6 - 1 الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها الكهربائي:

نربط الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل (13.4).

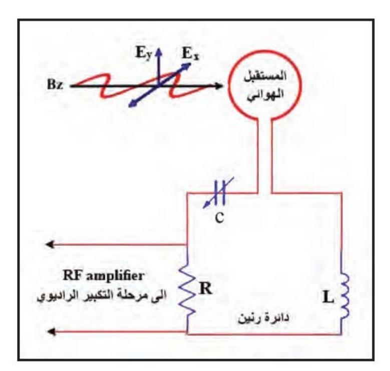
اذ يعمل المجال الكهربائي للموجة (E_Y) على جعل الشحنات تهتز في الهوائي عندما يكون تذبذب (E_Y) موجباً، فإن قمة الهوائي تكون موجبة ثم تنعكس قطبية الهوائي في اللحظة التالية مباشرة، عندما يتكرر انعكاس متجه المجال الكهربائي في الموجة يجعل الشحنة تتحرك إلى أعلى الهوائي وإلى أسفل الهوائي بشكل يعتمد على الزمن، وخلال هذه العملية يحث التيار المتغير جهداً مهتزاً في الدائرة الرنينية المرتبطة بالهوائي بوساطة الحث المتبادل وعند تغير مقدار السَعَة للحصول على حالة الرنين بين تردد الموجة وتردد الدائرة الرنينية سنحصل على إشارة الموجة الكهرومغناطيسية المستلمة.

4 - 6 - 2 الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي:

نربـط الدائـرة الكهربائيـة المبينـة في الشـكل (14.4). يتكـون الهـوائي في هـذه الدائـرة مـن سـلك موصـل بشـكل حلقـة، ولكـون المجـال المغناطيـسي للموجـة الكهرومغناطيسـية متغـيرا مـع الزمـن فتتولـد قـوة دافعـة كهربائيـة محتثـة في حلقـة الهـوائي.

يتطلـب أن يكـون مسـتوى حلقـة الهـوائي بوضـع عمـودي عـلى اتجـاه الفيـض المغناطيـسي (لهـذا السـبب نجـد أن أجهـزة الراديـو الصغـيرة يختلـف اسـتقبالها لمحطـات الإذاعـة تبعـاً لاتجاههـا).

ويمكـن التوليـف مـع الإشـارات المسـتلمة في الهـوائي عـن طريـق دائـرة الرنـين بوسـاطة تغيـير سَـعَة المُتَّسَـعَة الموجـودة في الدائـرة.



الشكل (14.4)



بعض انواع من الملفات المستخدمة في الاستلام والبث الراديوي

أهـــداف الـــدرس

الدرس الثالث : (أربع حصص)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يشرح عملية تضمين الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوي ونقل المعلومات.
- يُعَرّف التضمين التماثلي ويعدد أنواعه ويتعرف على مدى الموجات الراديوية.
- يعدد طرق أنتشار الموجات الكهرومغناطيسية, ويفسر عمل الأقمار الاصطناعية " التوابع".

4 - 7 التضمين Modulation

عملية التضمين تعني تحميل إشارة المعلومات (صوت أو صورة أو مكالمة هاتفية مثلا) ذات التردد الواطئ (تسمى الموجة المحمولة).على موجة عالية التردد (تسمى الموجة الحاملة).

وفي حالة البث الإذاعي مثلا تحول موجات الصوت المسموع إلى إشارات كهربائية بوساطة اللاقطة الصوتية (تسمى الموجات السمعية) وبالتردد نفسه، ثم ترسل هذه الإشارات إلى الدائرة الرنينية المهتزة لتقوم بعملية تحميلها على الموجات الراديوية (الحاملة) والتي يكون ترددها أعلى من تردد الإشارات السمعية ومن ثم ترسل إلى هوائي الإرسال ليقوم بعملية تحويلها إلى موجات كهرومغناطيسية لتبث بكفاءة وتقطع مسافات طويلة من غير اضمحلال محسوس.

الشكل (15.4)

إن التضمين التماثلي (Analog Modulation) يعد تغيراً لأحد خواص موجة التيار عالي التردد (سَعَة التذبذب- تردد التذبذب- طور التذبذب).

لذا توجد ثلاثة أنواع من التضمين التماثلي هي:

*التضمين السعوي AM

*التضمين الترددي FM

*التضمين الطوري PM

وهناك نوع آخر من التضمين من الممكن اجراؤه على الموجة المضمنة وذلك لغرض التقليل من التأثيرات الخارجية عليها فضلاً عن إمكانية تشفيرها ويطلق على هذا النوع من التضمين بالتضمين الرقمي (Digital Modulation). لاحظ الشكل (15.4) الذي يوضح عملية نقل المكالمة الهاتفية بطريقة تحويل التضمين التماثلي إلى تضمين رقمي عند الإرسال وعكس ذلك عند التسلم.

4 - 7 - 1 التضمين السعوي (Amplitude) (AM)

الشكل (16.4) يوضح كيفية تضمين موجة معلومات منخفضة التردد على موجة حاملة عالية التردد ونحصل على موجة تظهر المعلومات بشكل تغيرات في السَعَة مع ثبوت ترددها، وعلى هذا الأساس فإن "التضمين السعوي هو تغيير في سَعَة الموجة الحاملة كدالة خطية مع سَعَة الموجة المحمولة وفق تردد الإشارة المحمولة".



الشكل (16.4)

4 - 7 - 2 التضمين الترددي (Frequency Modulation) (FM)

الشكل (17.4) يوضح التضمين الترددي, إذ أن السَعَة الموجبة للموجة المحمولة تقلل من تردد الموجة الحاملة والعكس صحيح. وتلاحظ في الجهة اليمنى من عدم تغير سَعَة الموجة الحاملة "فالتضمين الترددي هو تغيير تردد الموجة الحاملة كدالة خطية مع تردد الموجة المحمولة وفق سَعَة الموجة المحمولة".



الشكل (17.4)

4 - 7 - 3 التضمين الطوري (Phase Modulation) (PM)

الشكل (18.4) يوضح تضمين الطور والذي يظهر التغير في سَعَة موجة المعلومات على الشكل تغيرات في طور الموجة المحمولة، "فالتضمين الطوري هو تغيير في طور الموجة الحاملة كدالة خطية مع سَعَة الموجة المحمولة على وفق تردد الإشارة المحمولة".



الشكل (18.4)

4 - 8 مدى الموجات الراديوية (للاطلاع)

نظراً للتباين الكبير في خصائص الموجات الكهرومغناطيسية الراديوية من حيث طرق توليدها وانتشارها فقد قسمت على مناطق عدة منها:

أ-منطقة الترددات المنخفضة جداً (VLF) (**3 KHz - 30 KHz**) ومجال الترددات المنخفضة (LF) (**30 KHz - 300 KHz**) وتستثمر غالبا في الملاحة البحرية.

ب-منطقة الترددات المتوسطة (MF) (**300 KHz - 3 KHz**) وتستثمر غالبا في البث الإذاعي المعتاد.

ج-منطقة الترددات العالية (HF) (**3 MHz - 30 MHz**) وتستثمر في بعض الهواتف، والاتصال بين الطائرات والسفن وغير ذلك.

د-منطقة الترددات العالية جداً (VHF) (**30 MHz - 300 MH_Z**) وتستثمر في بعض أجهزة التلفاز والإرسال الإذاعي، وأنظمة التحكم بالحركة الجوية وأنظمة اتصالات الشرطة وغيرها.

4 - 9 انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة بسرعة (v) تحددها معايير كل من السماحية الكهربائية (ε) والنفاذية المغناطيسية (μ) للوسط الذي تنتشر من خلاله على وفق المعادلة:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\,\mu}}$$

إذ أن قيم هذه الثوابت في الفراغ تساوي:

$\mu_\circ = 4\pi\times10^{-7}\,H/m$ $\varepsilon_\circ = 8.854*10^{-12}\,F/m$

ومن قيم هذه الثوابت في الفراغ يمكن حساب سرعة الضوء في الفراغ c.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_\circ\,\mu_\circ}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{8.854*10^{-12} \times 4\pi\times10^{-7}}} = 2.997964\times10^{8}\ m/s$$

وعادة يقرب هذا الرقم إلى $3\times10^{8} m/s$

تنتشر الموجات الراديوية في الجو بطرق عدة منها:

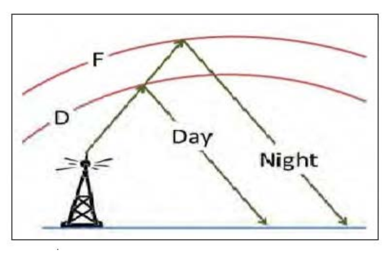
4 - 9 - 1 الموجات الارضية Ground waves

وتشمل الموجات التي مدى ترددتها بين **(2 - 30) MH_Z** وتنتقل قريبة من سطح الأرض. تتخذ الموجات الأرضية عند انتشارها مساراً قريباً جداً من سطح الأرض وينحني مسارها مع انحناء سطح الأرض. لاحظ الشكل (19.4). ولقد أستفيد من هذه الظاهرة لبناء أنظمة اتصالات محدودة المسافة وذلك لمحدودية قدرة بث إرسال هذه الموجات.

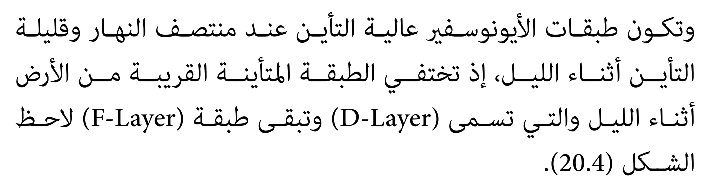
الشكل (19.4)

4 - 9 - 2 الموجات السماوية — Sky waves

تشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تقع بين (2-30) ميهيرتز ويعتمد هذا النوع من الاتصالات على وجود طبقات الأيونوسفير (Ionosphere Layers) وهي طبقات عالية التأين إذ تعكس الموجات السماوية إلى الأرض، لاحظ الشكل (20.4).



الشكل (20.4)

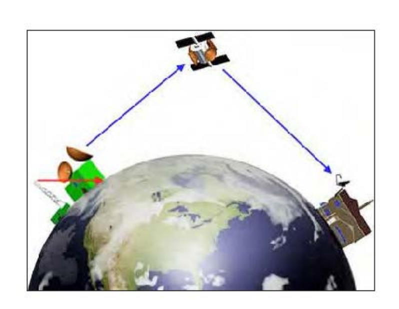


وتكون طبقات الأيونوسفير عالية التأين عند منتصف النهار وقليلة التأين أثناء الليل، إذ تختفي الطبقة المتأينة القريبة من الأرض أثناء الليل والتي تسمى (D-Layer) وتبقى طبقة (F-Layer) لاحظ الشكل (20.4).

وتعمل هذه الطبقات على عكس بعض أنواع الموجات الراديوية الموجهة اليها من محطات البث الأرضية إلى الأرض، ولهذا السبب يكون تسلم هذه الموجات أثناء النهار لمدى أقل مما هو عليه أثناء الليل نتيجة انعكاس الموجات الراديوية من المنطقة السفلى (D-Layer) وأثناء الليل يكون الاستلام واضحاً لانعكاس الموجات من الطبقة العليا (F-Layer).

4 - 9 - 3 الموجات الفضائية — Space Waves

وتشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تزيد عن (30 ميهيرتز) أي نطاق الترددات العالية جداً (Very high frequency VHF) وهي موجات دقيقة (Microwaves) تنتشر في خطوط مستقيمة ولا تنعكس عن طبقة الأيونوسفير بل تنفذ من خلالها. ويمكن استثمار هذه الموجات في عملية الاتصال بين القارات وذلك باستعمال أقمار صناعية في مدار متزامن مع دوران الأرض حول محورها (يطلق عليها توابع Satellite) لتعمل كمعيدات (repeaters) (محطات لتقوية الإشارة وإعادة إرسالها) والشكل (21.4) يبين كيفية قيام الأقمار الصناعية بعملية الاتصال إذ تقوم هذه الأقمار باستقبال الإشارات الضعيفة ثم تعيد بثها مرة أخرى إلى الأرض لتستلمها محطات أرضية أخرى على بعد آلاف الكيلومترات.



الشكل (21.4)



أهـــداف الـــدرس

الدرس الرابع : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يعدد مكونات الرادار.
- يبين عمل كل جزء في دائرة الرادار.
- يفسر عمل التحسس النائي.

10-4 بعض تطبيقات الموجات الكهرومغناطيسية

1-10-4 الرادار:

كلمة رادار (RADAR) هي اختصار للأحرف الأولى للجملة الآتية Radio Detection And Ranging وتعني الكشف وتحديد البعد بوساطة الموجات الراديوية.

الرادار نظام إلكتروني يستعمل لكشف أهداف متحركة أو ثابتة وتحديد مواقعها. ويعمل جهاز الرادار بوساطة إرسال موجات راديوية باتجاه الهدف، واستقبال الموجات التي تنعكس عنه. ويدل الزمن الذي تستغرقه الموجات في ذهابها وإيابها بعد انعكاسها على مدى (range) الهدف وكم يبعد, فضلاً عن أن الاتجاه الذي تعود منه الموجات المنعكسة يدل على موقع الهدف.

الشكل (22.4)

المكونات الرئيسية للرادار:

على الرغم من اختلاف المجموعات الرادارية في الحجم فهي متشابهة في أدائها والشكل (23.4) يوضح المكونات الرئيسية للرادار:

1 -المذبذب (oscillator): جهاز يولد إشارة كهربائية بتردد ثابت وذات قدرة منخفضة.

2 -المضمن (modulator): مفتاح إلكتروني يوصل المرسل مع المذبذب بفترات زمنية قصيرة.

3 -المرسل (transmitter): يعمل على تقليل زمن النبضة الواصلة إليه من المضمن فيرسلها بنبضة ذات قدرة عالية إلى الهوائي.

الشكل (23.4)

4 -مفتاح الإرسال والاستقبال (switch transits and receiver): مفتاح يعمل على فتح وغلق دائرة الإرسال والاستقبال.

5 -الهوائي (antenna): يقوم بإرسال الموجات الرادارية (الدقيقة او الراديوية) بشكل حزم ضيقة موجهة إلى الهدف واستلامها بعد انعكاسها عن الهدف.

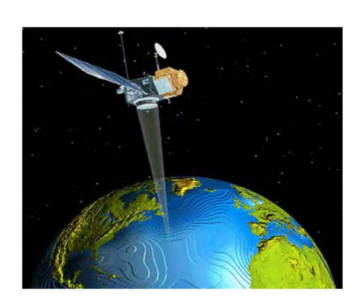
6 -المؤقت (timer): يتحكم زمنياً بعمل الأجزاء الرئيسية للرادار.

7 -المستقبل (receiver): يتسلم الموجات المنعكسة المتجمعة بوساطة الهوائي ويقوم بتكبيرها وعرضها على المعالج.

8 -معالج الإشارة (prossicer): يعمل على انتقاء الإشارات المنعكسة عن الأهداف الصغيرة المتحركة. ويحجب الإشارات المنعكسة عن الأهداف الكبيرة.

9 -الشاشة (screen): تعمل على إظهار الموجات المنعكسة عن الهدف على هيئة نقاط مضيئة.

4-10-2 التحسس النائي (الاستشعار عن بعد) Remote Sensing



الشكل (24.4)

هو أحد مجالات العلوم التي تمدنا بالمعلومات عن سطح الأرض من غير أي احتكاك أو اتصال مباشر بسطحها. كالحصول على صورة من طائرة أو قمر صناعي، ويتم ذلك باستثمار الموجات الكهرومغناطيسية من الترددات الضوئية إلى نهاية الترددات الراديوية المنعكسة أو المنبعثة من الأجسام الأرضية أو من الجو أو مياه البحار، والتي يمكن لأجهزة الاستشعار عن بعد الموجودة في الأقمار الصناعية أو الطائرات أو البالونات أن تتحسسها لاحظ الشكل (24.4)

وتقوم بعملية تصويرها وتحليل بياناتها لتكون جاهزة للاستعمال في فروع المعرفة مثل الجيولوجيا والهندسة المدنية والأرصاد الجوية والزراعة وفي التطبيقات العسكرية وغيرها.

هناك نوعان من التحسس النائي:

1.التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة، إذ يستعمل نوعان من الصور هما:

أ)صور نشطة (active images): وهي التي يعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه ليقوم بعملية إضاءة الهدف وتسلم الأشعة المنعكسة عنه لاحظ الشكل السابق (24.4).

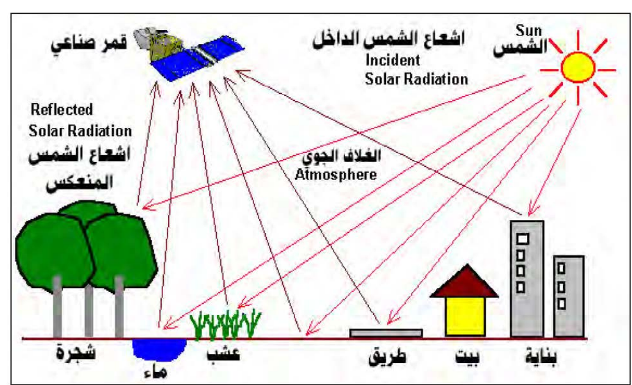
ب)صور غير نشطة (passive images): وهي التي تعتمد على مصدر الإشعاع المنبعث أو المنعكس من الهدف. لاحظ الشكل (25.4)

2.التحسس النائي بحسب الطول الموجي: يمكن تقسيم صور الهدف المستلمة طبقا للطول الموجي على ثلاثة أقسام هي:

أ)صور الأشعة المرئية.

ب)صور الأشعة تحت الحمراء.

ج)صور الأشعة المايكروية.



الشكل (25.4)

مجالات استعمال التحسس النائي:

توجد مجالات عدة تستثمر فيها هذه التقنية ومنها:

1 -اكتشاف الخامات المعدنية والبترولية.

2 -مراقبة حركة الأنهار وجفاف الأراضي والبحيرات والتعامل مع السيول والفيضانات المتوقعة بمقارنة صور مأخوذة على فترات زمنية مختلفة.

3 -دراسة المشاريع الإنشائية والتخطيط العمراني للمدن والقرى والمنشآت الكبيرة.

4 -دراسة النباتات الطبيعية ودراسة التوزيع النوعي للأراضي والتربة.

5 -تستثمر هذه التقنية في التطبيقات العسكرية. فمثلاً بعض الأقمار الصناعية العسكرية مزودة بمتحسسات تعمل بالأشعة تحت الحمراء يمكنها التحسس بالحرارة المنبعثة من الشاحنات والطائرات والصواريخ والسيارات والأشخاص ورصد أية حركة على سطح الأرض، يمكن للمتحسسات أن تعمل في شتى الظروف الجوية.

6 -تستثمر في تصوير النجوم والكواكب المطلوب دراستها باستعمال كاميرات رقمية مثبتة على أقمار صناعية خاصة بالبحث العلمي في مجال الفضاء والفلك.

4-11 جهاز تحديد الموقع Global Positioning System GPS

جهاز له نفس فكرة الرادار ولكن بأسلوب آخر معتمدا على الاقمار الصناعية، يتكون من مستقبل صغير يدوي محمول يرسل ويستقبل من قمر صناعي خاص. إن مهمة الجهاز تكمن في تحديد الإشارة المستلمة الرقمية on – off ومعالجة المعلومات وتعديلها بشكل لحظي مستمر ومقارنتها مع ذاكرة الجهاز وبذلك يحدد البعد في أي لحظة، وبهذه الطريقة يمكن رسم مخطط المكان أو قياس السرعة أو أي معلومة أخرى.

ومن فوائده:

1. تحديد الموقع
2. رسم الخرائط
3. ملاحقة المطلوبين
4. يستعمل في كل أنواع الرحلات البرية والبحرية والجوية.







1 -الطيـف الكهرومغناطيـسي يتكـون مـن مـدى واسـع مـن الـترددات التـي تختلـف بعضها عـن البعـض الآخـر تبعـاً لطريقـة توليدهـا ومصدرهـا وتقنيـة كشـفها واختراقها للأوسـاط المختلفـة.

2 -تمكـن عـالم الفيزيـاء ماكسـويل مـن ربـط القوانين الخاصـة بالمجـالات الكهربائيـة والمغناطيسـية والـذي عـبر عنها بالحقائـق الآتيـة:

*الشـحنة الكهربائيـة النقطيـة السـاكنة في الفضـاء تولـد حولها مجـالاً كهربائيـاً تنبـع خطوطـه مـن موقـع تلـك الشـحنة أو إليهـا.

*لا يتوافر قطب مغناطيسي منفرد.

*المجـال الكهربـائي المتغـير مـع الزمـن يولـد حولـه مجـالاً مغناطيسـياً متغـيراً مـع الزمـن وعموديـاً عليـه ومتفقـاً معـه في الطـور.

*المجـال المغناطيـسي المتغـير مـع الزمـن يولـد حولـه مجـالاً كهربائيـاً متغـيراً مـع الزمـن وعموديـاً عليـه ومتفقـاً معـه في الطـور.

3 -تيار الإزاحة (I_d) يتناسب مع المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي ($\frac{\Delta E}{\Delta t}$).

$$I_d \ \alpha \ \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

4 -ومن أهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية:

*تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها.

*تتألـف مـن مجالـين كهربـائي ومغناطيـسي متلازمـين ومتغيريـن مـع الزمـن وبمسـتويين متعامديـن مـع بعضهـما وعموديـين عـلى خـط انتشـار الموجـة ويتذبذبـان بالطـور نفسـه.

*هـي موجـات مسـتعرضة لأن المجالـين الكهربـائي والمغناطيـسي يتذبذبـان عموديـاً عـلى خـط انتشـار الموجـات الكهرومغناطيسـية.

*تنتـشر في الفـراغ بسرعـة الضـوء وعنـد انتقالهـا في وسـط مـادي تقـل سرعتهـا تبعـاً للخصائـص الفيزيائيـة لذلـك الوسـط.

*تتوزع طاقة الموجات الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها في الفراغ.

5 -تتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية، ويمكن توليد بعضاً منها بوساطة مولد الذبذبات.

6 -عملية الإرسال والاستلام تعتمد على جهازين أساسيين هما:

أ) دائـرة الاهتـزاز الكهرومغناطيـسي: يمكنهـا أن تولـد تـردداً رنينيـاً (f_r) مـن خـلال عمليـة التوليـف عـلى وفـق العلاقـة الآتيـة :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ب) الهـوائي: يتكـون مـن سـلكين معدنيـين منفصلـين يربطـان إلى مصـدر فولتيـة متناوبـة يشـحن السـلكان بشـحنتين متسـاويتين بالمقـدار ومختلفتـين بالنـوع.

7 -دائرة الإرسال: الأجزاء الاساسية لجهاز الإرسال هي:

*دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي: وتحتوي ملفا ومُتّسَعَة متغيرة السَعَة.

*هـوائي: ويحـوي ملفـاً مقابـلاً لملـف دائـرة الاهتـزاز الكهرومغناطيـسي ومُتّسَـعَة متغـيرة السَـعَة متصـلاً بسـلك معـدني حـر أو موصـلاً بـالأرض.

8 -دائرة التسلم: الأجزاء الاساسية لجهاز التسلم هي:
*دائرة مهتزة: تتكون من ملف، مُتّسَعَة متغيرة السَعَة.
*هوائي: مكون من سلك معدني مرتبط بملف مؤرض.
9 -يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية إما بوساطة مجالها الكهربائي أو مجالها المغناطيسي.
10 -التضمين عملية التضمين تعني تحميل إشارة المعلومات (صوت أو صورة أو مكالمة هاتفية مثلا) ذات التردد الواطئ (تسمى الموجة المحمولة).على موجة عالية التردد (تسمى الموجة الحاملة)
11 -إن التضمين التماثلي (Analog Modulation) يعد تغييراً لأحد خواص موجة التيار عالي التردد (سَعَة التذبذب- تردد التذبذب- طور التذبذب).
لذا توجد ثلاثة أنواع من التضمين التماثلي هي:
*التضمين السعوي AM *التضمين الترددي FM *التضمين الطوري PM

12 -تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة بسرعة (س) تحددها معايير كل من السماحية الكهربائية (ε) والنفاذية المغناطيسية (μ) للوسط الذي تنتشر من خلاله على وفق المعادلة :
أ) الموجات الأرضية Ground waves:
وتشمل الموجات التي مدى تردداتها بين (530) (MF كهيرتز- 2 ميهيرتز) وتنتقل قريبة من سطح الأرض. تتخذ الموجات الأرضية عند انتشارها مساراً قريباً جداً من سطح الأرض وينحني مسارها مع انحناء سطح الأرض. ولقد أستفيد من هذه الظاهرة لبناء أنظمة اتصالات محدودة المسافة وذلك لمحدودية قدرة بث إرسال هذه الموجات.
ب) الموجات السماوية Sky waves:
تشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تقع بين (2-30) ميهيرتز) ويعتمد هذا النوع من الاتصالات على وجود طبقات الأيونوسفير (Ionosphere Layers) وهي طبقات عالية التأين إذ تعكس الموجات السماوية إلى الأرض
ج) الموجات الفضائية Space Waves:
وتشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تزيد عن (30 ميهيرتز) أي نطاق الترددات العالية جداً (Very high frequency VHF) وهي موجات دقيقة (Microwaves) تنتشر في خطوط مستقيمة ولا تنعكس عن طبقة الأيونوسفير بل تنفذ من خلالها. ويمكن استثمار هذه الموجات في عملية الاتصال بين القارات وذلك باستعمال أقمار صناعية في مدار متزامن مع دوران الأرض حول محورها.
13 -الرادار نظام الكتروني يستعمل لكشف أهداف متحركة أو ثابتة وتحديد مواقعها. ويعمل جهاز الرادار بوساطة إرسال موجات راديوية باتجاه الهدف، واستقبال الموجات التي تنعكس عنه.
14 -التحسس النائي (الاستشعار عن بعد) Remote Sensing:
هو أحد مجالات العلوم التي تمدنا بالمعلومات عن سطح الأرض من غير أي احتكاك أو اتصال مباشر بسطحها. كالحصول على صورة من طائرة أو قمر صناعي. هناك نوعان من التحسس النائي:
أ) التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة.
ب) التحسس النائي بحسب الطول الموجي.
15 -توجد مجالات عدة تستثمر فيها تقنية التحسس النائي ومنها
*اكتشاف الخامات المعدنية والبترولية.
*مراقبة حركة الأنهار وجفاف الأراضي والبحيرات والتعامل مع السيول والفيضانات المتوقعة بمقارنة صور مأخوذة على فترات زمنية مختلفة.
16- جهاز تحديد الموقع يستخدم لتحديد مواقع الاجسام عبر الأقمار الصناعية

تقويم الوحدة 4

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1 -إن تيار الإزاحة (I_d) يتناسب مع:

أ) المعدل الزمني للتغير في المجال المغناطيسي.

ب) المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي.

ج) المعدل الزمني للتغير في تيار التوصيل.

د) المعدل الزمني للتغير في تيار الاستقطاب.

2 -إن تذبذب الإلكترونات الحرة في موصل تنتج موجات تسمى:

أ) موجات الأشعة السينية. ب) موجات أشعة كاما.

ج) موجات الأشعة تحت الحمراء. د) الموجات الراديوية.

3 -يتحدد مقياس سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة بوساطة:

أ) مقدار السماحية الكهربائية لذلك الوسط فحسب.

ب) النفاذية المغناطيسية لذلك الوسط فحسب.

ج) حاصل جمع سماحية ونفاذية ذلك الوسط.

د) مقلوب الجذر التربيعي لحاصل ضرب مقدار السماحية والنفاذية.

4 -الموجات الكهرومغناطيسية التي تستعمل في أجهزة الرادار هي:

أ) موجات الأشعة فوق البنفسجية. ب) موجات أشعة كاما.

ج) موجات الأشعة السينية. د) موجات الأشعة الدقيقة microwave.

5 -تولد الموجات الكهرومغناطيسية عند:

أ) انسياب مستمر في سلك موصل.

ب) حركة شحنة كهربائية بسرعة ثابتة في سلك موصل.

ج) حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل.

د) وجود شحنات كهربائية ساكنة في سلك موصل.

6 -للحصول على كفاءة عالية في عمليتي الإرسال والتسلم يستعمل هوائي طوله يبلغ نصف طول الموجة وذلك لأن:

أ) مقدار الفولتية أقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.

ب) مقدار الفولتية أكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.

ج) مقدار الفولتية والتيار أقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.

د) مقدار الفولتية والتيار أكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.

7 -يمكن أن تعجل الشحنة الكهربائية في موصل عندما يؤثر فيها:

أ) مجال كهربائي ثابت.

ب) مجال كهربائي متذبذب.

ج) مجال كهربائي ومجال مغناطيسي متذبذبان.

د) مجال مغناطيسي ثابت.

8 -في عملية التضمين الترددي نحصل على موجة مضمنة بسَعَة:
أ) ثابتة وتردد ثابت. ب) متغيرة وتردد متغير.
ج) ثابتة وتردد متغير. د) متغيرة وتردد ثابت.
9 -تعكس طبقة الأيونوسفير في الجو الترددات الراديوية التي تكون:
أ) ضمن المدى (2-30) ميهيرتز.
ب) ضمن المدى (30-40) ميهيرتز.
ج) ضمن المدى أكثر من (40) ميهيرتز.
د) جميع الترددات الراديوية.
10 -إن عملية الإرسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية تعتمد على:
أ) قطر سلك الهوائي.
ب) كثافة سلك الهوائي.
ج) دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي والهوائي.
د) كل الاحتمالات السابقة.
11 -في حالة البث الإذاعي تقوم اللاقطة الصوتية:
أ) بتحويل موجات الصوت المسموع إلى موجات سمعية بالتردد نفسه.
ب) بعملية التضمين الترددي.
ج) بعملية التضمين السعوي.
د) بفصل الترددات السمعية عن الترددات الراديوية.
12 -صور التحسس النائي التي يعتمد فيها على مصدر الطاقة من القمر نفسه تسمى:
أ) صور غير نشطة.
ب) صور نشطة.
ج) صور الإشعاع المنبعث من الهدف نفسه.

س2/ هل كل الأسلاك الموصلة التي تحمل تياراً تشع موجات كهرومغناطيسية؟ اشرح ذلك.
س3/ عندما تنتشر الأشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء أو الأوساط المختلفة. ماذا يتذبذب؟
س4/ ما العوامل التي تحدد سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة؟
س5/ يكون تسلم الموجات الراديوية أثناء النهار لمدى أقل مما هو عليه أثناء الليل. وضح ذلك.
س6/ ما الفرق بين الصور النشطة وغير النشطة؟
س7/ ما المقصود بالمصطلحات الآتية: الموجة الحاملة، الموجة المحمولة، الموجة المضمنة.
س8/ ما الفرق بين الرادار وجهاز تحديد الموقع؟.

4 مسائـــل الوحدة

س1/ يستعمل جهاز راديو لالتقاط محطة إذاعية تعمل عند تردد مقداره (840 كهيرتز) فإذا كانت دائرة الرنين تحتوي على محث مقداره (0.04 ملهنري)، فما هي سَعَة المُتَّسَعَة الواجب توافرها لالتقاط هذه المحطة؟

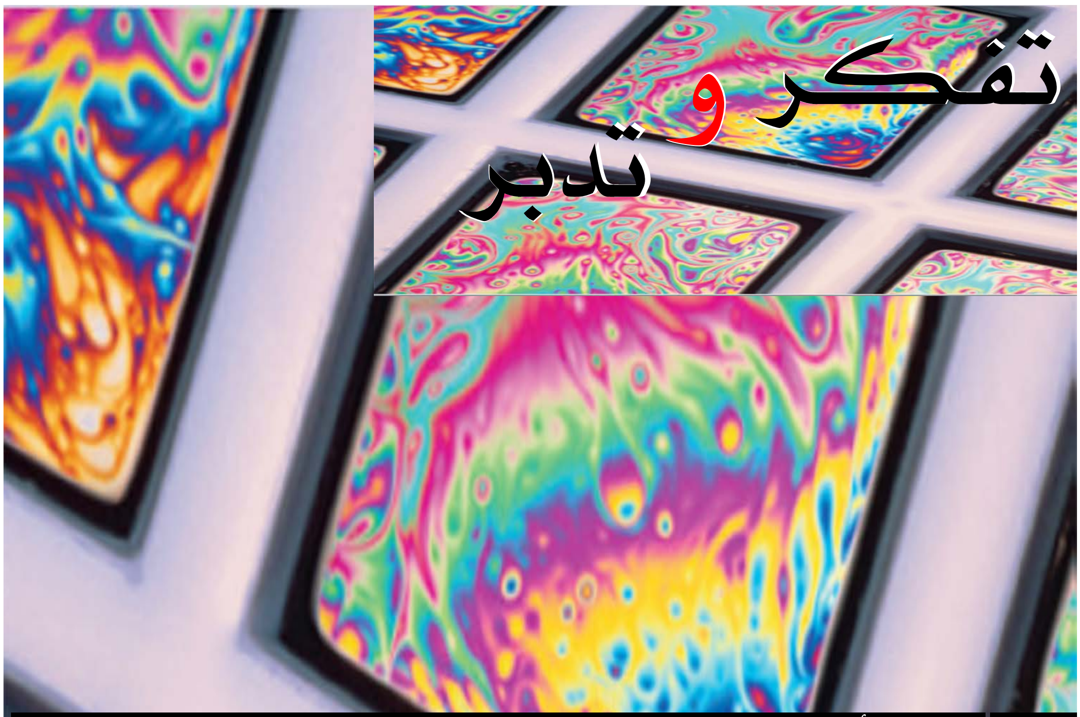
س2/ ما مدى الأطوال الموجية الذي تغطيه محطة إرسال AM إذاعية تردداتها في المدى من (540 كهرتز) إلى (1600 كهيرتز)؟

س3/ ما هو أقل طول لهوائي السيارة اللازم لاستقبال إشارة ترددها (100 ميهيرتز)؟

س4/ ما تردد الموجات الكهرومغناطيسية التي أطوال موجاتها: أ-(2.1م) , ب-(12م) , ج-(120 م)؟

س5/ عندما تستمع إلى البث الإذاعي الصادر عن محطة تبعد عنك (400 كم). كم تكون المدة التي استغرقتها الموجة الكهرومغناطيسية في رحلتها من المحطة وإليك؟ إذا كانت المحطة تعمل عند التردد(1 ميهيرتز). فما هي المسافة بين كل قمتين متتاليتين من هذه الموجة؟

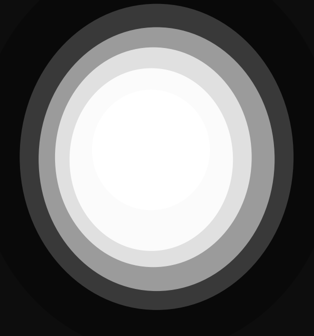
س6/ يرسل جهاز الرادار نبضات من أمواج كهرومغناطيسية بالغة القصر. بعد كم (مايكروثانية) يتلقى الجهاز صدى نبضة أرسلها صوب طائرة تبعد عنه بمقدار (25 كم)؟



- إن كوكب الأرض الذي حبانا الله به لؤلؤة مضيئة في المجموعة الشمسية, يا ترى ما سبب هذا التلألؤ؟
- يقال أن الشمس تغرب قبل وقت الغروب (هل عندك تفسير)؟
- تخيل أن أرضنا الجميلة خالية من الغلاف الجوي يا ترى كيف سنرى السماء؟
- هل سمعت بانحناء الضوء؟
- تخيل أنك في مركبة فضائية تجوب الفضاء الخارجي (وما ذلك على الله بعزيز) كيف سترى شمسنا؟ هل تستطيع التحديق فيها بصورة مباشرة؟ هل تستطيع رؤية أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض؟
- قَالَ تَعَالَى: ﴿ وَلَوْ فَتَحْنَا عَلَيْهِم بَابًا مِّنَ ٱلسَّمَآءِ فَظَلُّواْ فِيهِ يَعْرُجُونَ ۝١٤ لَقَالُوٓاْ إِنَّمَا سُكِّرَتْ أَبْصَٰرُنَا
- بَلْ نَحْنُ قَوْمٌ مَّسْحُورُونَ ۝١٥ ﴾ الحجر.. هل تدبرت هاتين الآيتين ؟
- يقال أن ألوان بعض الفراشات وألوان بعض قزحيات عيون الإنسان هي ليست الألوان التي نعرفها؟
- يتغير لون مصباح الفلورسنت (النيون) في الأيام المغبرة من الأبيض إلى الأزرق. لماذا يا ترى؟
- متزلجي الجليد يرتدون نظارات خاصة. ما سبب ذلك؟

الوحدة 5 الضوء الموجي

مفردات الوحدة



الأهداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يُعرِّف مفهوم التداخل في الضوء.
- يَذكر شروط التداخل.
- يُجري تجربة لتكون هدب التداخل في الضوء.
- يَشرح بعض الظواهر التي تحصل نتيجة التداخل في الضوء.
- يُقارن بين حيود الضوء وتداخله من خلال استيعاب مفهومي الحيود والتداخل.
- يُوضح مضامين تجربة شقي يونك.
- يُميز بين الضوء المستقطب والضوء الاعتيادي غير المستقطب.
- يَذكر بعض طرائق الحصول على الضوء المستقطب.
- يُعرِّف ظاهرة الاستطارة في الضوء.

الرمز والمصطلح العلمي

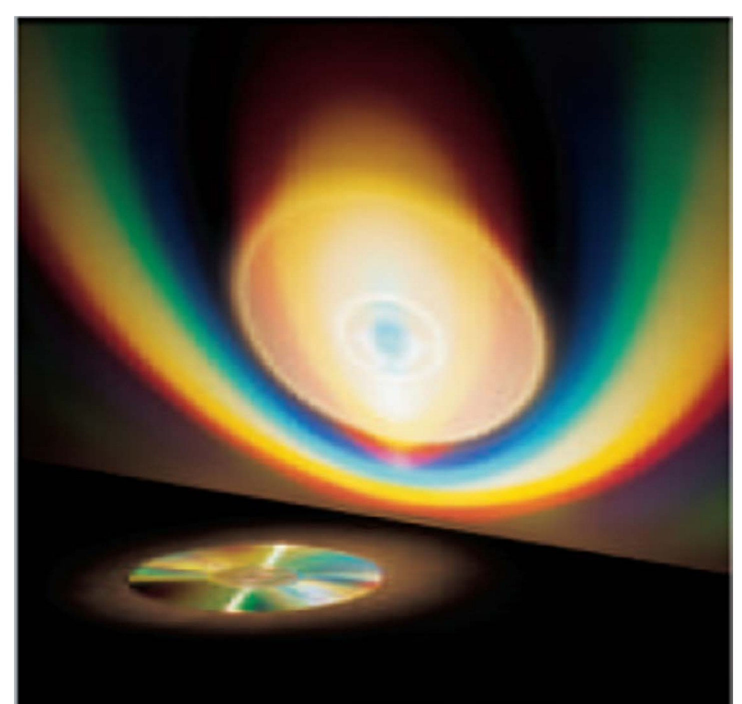


ScientificTerms	المصطلحات العلمية
Interference of light waves	تداخل الموجات الضوئية
Young double slits experiment	تجربة شقي يونك
Double slits	الشق المزدوج
Interference in thin films	التداخل في الأغشية الرقيقة
Wave length diffraction	حيود موجات الضوء
Diffraction grating	محزز الحيود
Polarization of ligh	ستقطاب الضوء
Polarized waves	موجات مستقطبة
Polarizer	المستقطب
Analyzer	المحلل
Random directions	اتجاهات عشوائية
Polarization of light by reflection	استقطاب الضوء بالانعكاس
Brewster angle	زاوية بروستر
Scattering of light	الاستطارة في الضوء



الكميـــات الفيزيائـــية الــواردة في الــوحدة ورمـــوزها

الكمية الفيزيائية	الرمز الدولي
فرق الطور بين موجتين	Φ
فرق المسار البصري بين موجتين	$\Delta\ell$
الطول الموجي	λ
زاوية الحيود	θ
البعد بين شقي تجربة يونك	d
بعد الشاشة عن الشقين	L
فاصلة الهدب	Δy
السمك البصري للغشاء	nt
عرض الشق	ℓ
ثابت المحزز	D
عرض المحزز	W
عدد الحزوز	N
زاوية الاستقطاب	θ_p



Waves Light

الضوء الموجي

5

أهـــداف الـــدرس

الدرس الأول : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

- يُعرِّف مفهوم التداخل في الضوء.
- يَذكرشروط التداخل.
- يُطبق تجربة توضح ظاهرة التداخل في الضوء.

1.5 مُقدّمَة

لقـد تعرفـت في دراسـتك السـابقة عـلى بعـض الظواهـر الضوئيـة، وفي هـذه الوحـدة سـنتناول دراسـة ظواهـر أُخـرى كالتداخـل والحيـود والاسـتقطاب.

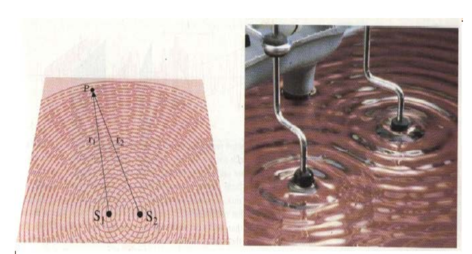
فماذا يقصد بهذه الظواهر؟ وكيف تحدث، وما القوانين التي تصفها؟

5-2 تداخل الموجات الضوئية Interference of light waves

اعلم أن هناك نوعين من التداخلات هما:

1.عندما يكون للموجتين الطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة فإن الموجتين تتحدان عند تلك النقطة لتقوي كل منهما الاخرى وفي هذه الحالة تكون سعة الموجة الناتجة مساوية لضعف سعة أي من الموجتين الأصليتين ويسمى هذا النوع من التداخل بالتداخل البناء لاحظ الشكل (1.5). وهو ناتج عن تراكب قمتين أو قعرين ينتج عنهما تقوية.

2.أما إذا كان التداخل ناتج عن اتحاد سلسلتين من الموجات بطورين متعاكسين وسعتين متساويتين، وهو ناتج عن تراكب قمة موجة مع قعر موجة أُخرى. ينتج عن ذلك أن تأثير إحداهما يمحو تأثير الأخرى أي أن سعة الموجة الناتجة تساوي صفراً. ويسمى هذا النوع من التداخل تداخل اتلاف، لاحظ الشكل (1.5).



الشكل (1.5)



الشكل (1.5)

إن التداخل في الموجات الضوئية من الصفات العامة لها، وتداخل الضوء هو ظاهرة إعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين أو أكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستوٍ واحد وفي آن واحد في الوسط نفسه. ويتم ذلك على وفق مبدأ تراكب الموجات، (تكون إزاحة الموجة عند أي لحظة تساوي حاصل جمع إزاحتي الموجتين المتراكبتين عند اللحظة نفسها).

وإن التداخل المستديم بينها يحصل في الحالات الآتية:

أ)إذا كانت الموجتان متشاكهتين

ب)إذا كان اهتزازهما في مستوى واحد وفي وسط واحد وتتجهان نحو نقطة واحدة وفي آن واحد.

ومن الجدير بالذكر أن المقصود بالموجات المتشاكهة في الضوء هي الموجات:

1 -المتساوية في التردد.

2 -المتساوية (أو المتقاربة) في السعة.

3 -فرق الطور بينهما ثابت.

والمسار البصري هو الإزاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بالزمن نفسه الذي يقطعه في الوسط المادي الشفاف.

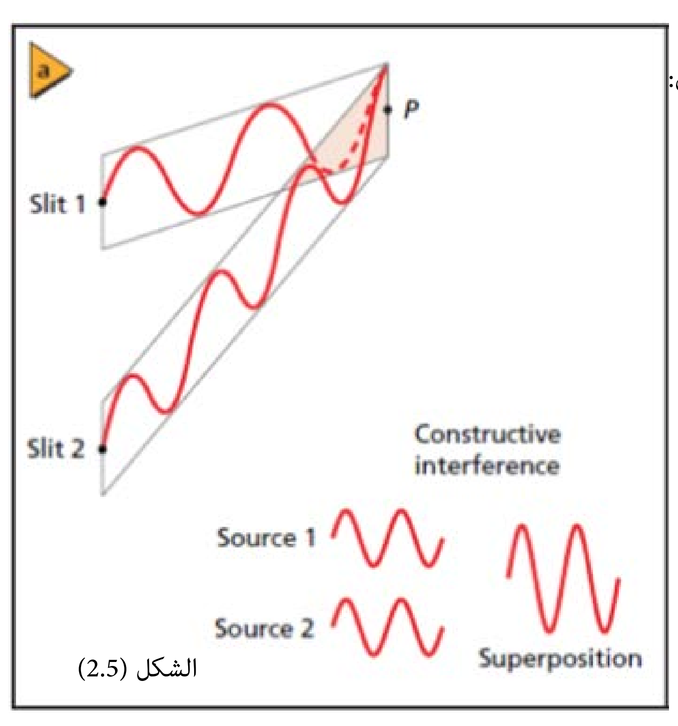
ولحساب فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين تنبعثان بطور واحد عن المصدرين (S_2 ، S_1) والواصلتين إلى النقطة (P) بدقة بعد معرفة نوع التداخل الحاصل لهذا الموجات، علماً أن فرق الطور (Φ) بين الموجتين الواصلتين إلى النقطة P يحدده فرق المسار البصري بين تلك الموجتين على وفق العلاقة الآتية:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\,\Delta\ell$$

إذ أن $\Delta\ell$ تمثل فرق المسار البصري بين الموجتين.

(Φ) تمثل فرق الطور بين الموجتين.

فلو كان المسار البصري ($\ell_1 = 2.25\ \lambda$) للموجات المنبعثة من المصدر (S_2) والواصلة إلى النقطة P وطول المسار البصري($\ell_1 = 3.25\ \lambda$) للموجات المنبعثة من المصدر(S_2) والواصلة إلى النقطة P، لاحظ الشكل (2.5)



الشكل (2.5)

فإن فرق المسار البصري للموجتين $\Delta\ell$ يكون:

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

$$\Delta\ell = 3.25\lambda - 2.25\lambda$$

$$\Delta\ell = \lambda$$

أي أن الموجتين المنبعثتين من المصدرين (S_2 ، S_1) تصلان النقطة P في اللحظة نفسها، وتكونان متوافقتين بالطور وعندئذ يحصل بينهما تداخل بناء عند النقطة P عندما يكون فرق الطور (Φ) بينهما يساوي صفراً أو أعداداً زوجية من (πrad) أي أن:

$$\Phi = 0\ ,\ 2\pi\ ,\ 4\pi\ ,\ 6\pi\ ,\ .....\ rad$$

وهذا يعني أن فرق المسار البصري($\Delta\ell$) يساوي صفراً أو أعداداً صحيحة من طول الموجة

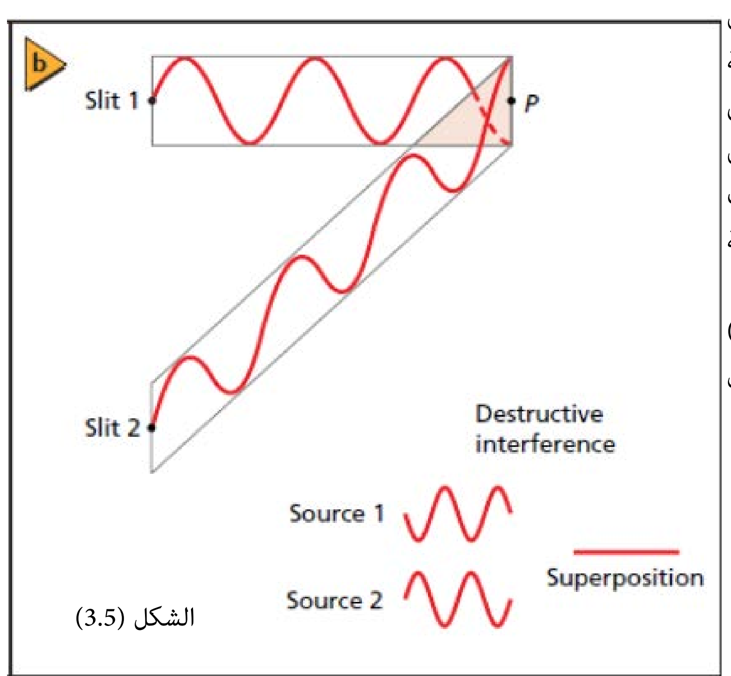
وعلى هذا الأساس يكون شرط التداخل البناء هو:

$$\Delta\ell = 0,\ 1\lambda,\ 2\lambda, ...$$

$$\Delta\ell = m\lambda \qquad m = 0, 1, 2, 3, ...$$

أما إذا كان طول المسار البصري للموجات المنبعثة ($\ell_1 = 1\lambda$) من المصدر (S_1) والواصلة إلى النقطة P وطول المسار البصري للموجات ($\ell_2 = 1.5\lambda$) المنبعثة من المصدر (S_2) والواصلة إلى النقطة P.

فإن فرق المسار البصري ($\Delta\ell$) للموجتين يكون لاحظ الشكل (3.5).



الشكل (3.5)

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

$$\Delta\ell = 1.5\lambda - 1\lambda$$

$$\Delta\ell = 0.5\lambda$$

أي أن الموجتين المنبعثتين من المصدرين (S_1 ، S_2) تصلان نقطة P في اللحظة نفسها وتتعاكسان بالطور ويحصل عندئذ بينهما تداخل اتلاف عند النقطة P عندما يكون فرق الطور بينهما (Φ) يساوي أعداداً فردية من (πrad)

أي أن:

$$\Phi = \pi , 3\pi , 5\pi , 7\pi , ... rad$$

وهذا يعني أن فرق المسار البصري ($\Delta\ell$) بينهما في حالة حصول اتلاف يساوي أعداداً فردية من نصف طول الموجة

أي أن: $\Delta\ell = 0.5\lambda, 1.5\lambda, 2.5\lambda, ...$

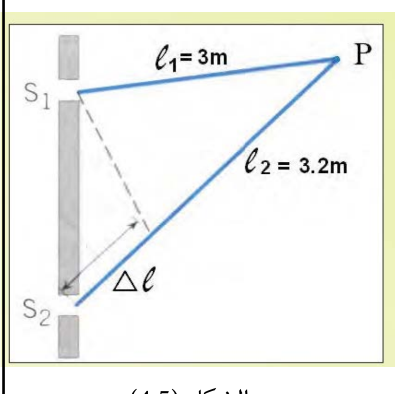
وعلى هذا الأساس يكون شرط تداخل الاتلاف هو:

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, 3, ...$$

Example 5.1	مثال 1.5

في الشكل المجاور مصدران (S_1 ، S_2) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda= 0.1$ m) وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في آن واحد. ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع إحدى الموجتين مساراً بصرياً قدره (3.2m) والأخرى مساراً بصرياً مقداره (3m):



الشكل (4.5)

الحل:

لمعرفة نوع التداخل الحاصل بين الموجتين يتطلب إيجاد (m) من شرطي التداخل التاليين كما ذكر أنفاً:

$$\Delta\ell = m\lambda$$

$$\Delta\ell = (m+\frac{1}{2})\lambda$$

فرق المسار البصري:

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

$$\Delta\ell = 3.2 - 3 = 0.2m$$

$$\Delta\ell = (m+\frac{1}{2})\lambda$$

$$0.2 = (m+\frac{1}{2})\times 0.1$$

$$m = 1.5$$

وهذا لا يحقق شرط التداخل الائتلاف لأن قيم (m) يجب أن تكون أعداداً صحيحة مثل (0,1,2,3............)

الاحتمال الثاني: $\Delta\ell = m\lambda$ مع $m = 0, 1, 2, 3, ...$

$$0.2 = m\times 0.1$$

$$m = 2$$

وهذا يحقق شرط التداخل البناء لأن قيم (m) أعداد صحيحة. أي أن: مثل (0,1,2,3.............)

سؤال

بالنسبة إلى المثال السابق ماذا يحصل عندما:

أ -تقطع إحدى الموجتين مساراً بصرياً مقداره (3.2m) والأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (3.05m).

ب -تقطع إحدى الموجتين مساراً بصرياً مقداره (3.2m) والأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (2.95m).

أهــداف الــدرس

الدرس الثاني : (حصتان)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

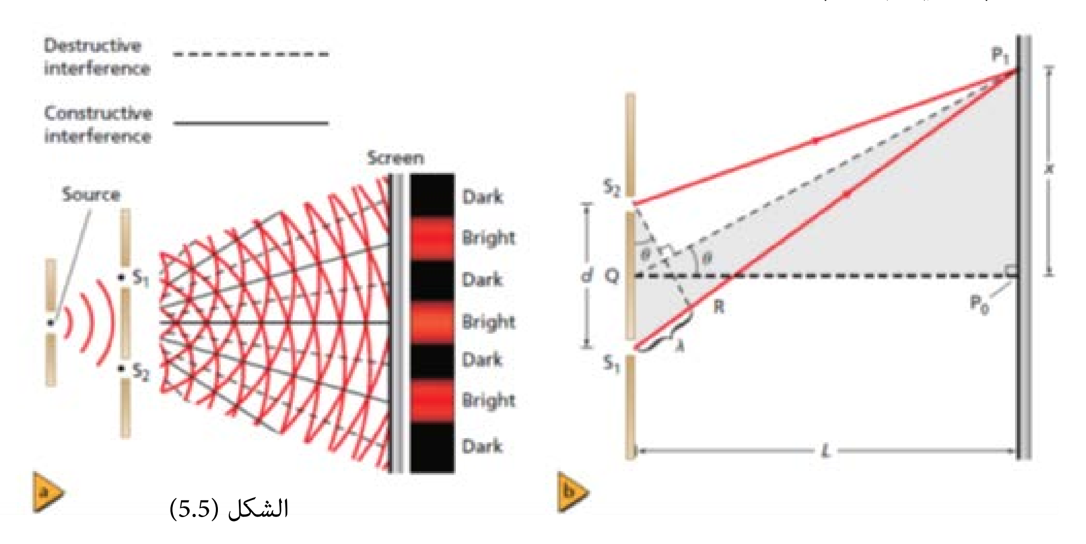
يَشرح تجربة شقي يونك كما وردت في الكتاب.

يُجري تجربة لتوضيح تكون اهداب التداخل في الضوء.

يُفسر تكون اهداب التداخل في تجربة يونك مع ذكر قانون فاصلة الهدب بالتفصيل.

5 - 3 تجربة شقي يونك Young double slits experiment

استطاع العالم الفيزيائي يونك أن يثبت من خلال تجربته التي أجراها عام 1801 م الطبيعة الموجية للضوء إذ تمكن من حساب الطول الموجي للضوء المستعمل في التجربة، وقد استعمل في تجربته حاجزاً ذا شق ضيق أضيء بضوء أُحادي اللون ومن ثم يسقط الضوء على حاجز يحتوي شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج (double slits) يقعان على بعدين متساويين عن شق الحاجز الأول، ثم وضع على بعد بضعة أمتار منهما شاشة. وكانت النتيجة التي حصل عليها العالم يونك هي ظهور مناطق مضيئة ومناطق معتمة على التعاقب سميت بالهدب. لاحظ الشكل (5.5).



الشكل (5.5)

وهنا نتساءل عن كيفية تكون الهدب المضيئة والهدب المظلمة في تجربة يونك.

للإجابة عن ذلك أعتمد الشكل (5.5) وحاول أنْ تفسر سبب حصول هذه الهدب من خلال تذكرك لشروط حصول كل من التداخل البناء والتداخل الاتلاف اللذين تعلمتهما سابقاً. إن الشقين (S_1 ، S_2) المضاءين بضوء أُحادي اللون هما مصدران ضوئيان متشاكهان والموجات الصادرة عنهما يكون فرق الطور فيها ثابتاً في الأزمان جميعها، وهذا هو الشرط الاساس لحصول التداخل، وإن نوع التداخل في أية نقطة يعتمد على الفرق بين طول مساريهما البصريين للوصول إلى تلك النقطة.

والشكل (6.5) يُوضح ذلك إذ نلاحظ في الجزئين (أ-ب) تكون هدباً مضيئة في حين في الشكل (ج) يتكون هداباً مظلماً. ويعتمد ذلك على الفرق في المسافات بين الشقين والشاشة.

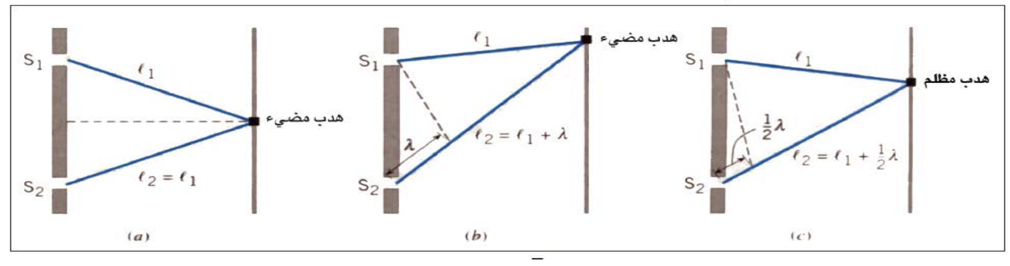
والسؤال الآن: أين تكون مواقع الهدب المضيئة والهدب المظلمة على الشاشة؟ بما أن البعد بين الشقين (d) صغير جداً مقارنة ببعدهما عن الشاشة (L) أي أن: (d>>L)، وعليه فإن فرق المسار البصري بين الشعاعين المبينين في الشكل (6.5) يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\text{فرق المسار البصري} = d \sin\theta$$

من هنا فإن شرط التداخل البناء (الحصول على هداب مضيئة) هو:

$$d \sin\theta = m\lambda$$

في حين نحصل على هداب معتمه (ناتجة عن التداخل الاتلاف) إذا كانت



الشكل (6.5)

$$d \sin\theta = \lambda(m+\frac{1}{2})$$

إذ أن (m) عدد صحيح:

$$m = 0 , \pm 1 , \pm 2 , \pm 3 , ...$$

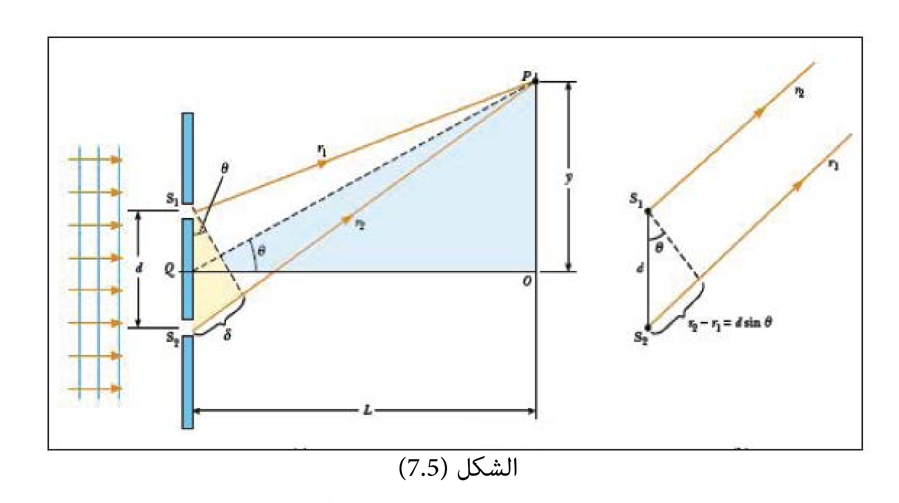
ولحساب بعد مركز الهداب المضيء أو المظلم عن مركز الهداب المركزي المضيء (y) على وفق العلاقة الآتية:

$$\tan(\theta)= \frac{y}{L}$$

إذ أن: (θ) تمثل زاوية الحيود.

(y) يمثل البعد بين الهداب المضيء أو المظلم عن مركز الهداب المركزي المضيء.

(L) يمثل بعد الشاشة عن حاجز الشقين، لاحظ الشكل (7.5).



الشكل (7.5)

ومن الجدير بالذكر أن تجربة يونك تعد تجربة مهمة من الناحية العملية في قياس طول الموجة (λ) للضوء الأحادي اللون المستعمل.

ولكون زاوية الحيود (θ) صغيرة فإن:

$$\tan(\theta) \cong \sin\theta$$

عندها يصبح:

$$y = L\tan\theta \cong L\sin\theta$$

وعندها يمكن تعيين مواقع الهدب المضيئة والمعتمة عن المركز(O) كما يأتي:

للهدب المضيئة: $y_m = \frac{\lambda L}{d} m$ مع $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots\ldots$

للهدب المظلمة: $y_m = \frac{\lambda L}{d}(m + \frac{1}{2})$ مع $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots\ldots$

والشكل (7) يُوضح مواقع هدب التداخل الحاصلة على الشاشة. وإن الفواصل بين الهدب المتجاورة تسمى فاصلة الهدب (Δص) (fringe spacing) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m$$

$$\Delta y = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

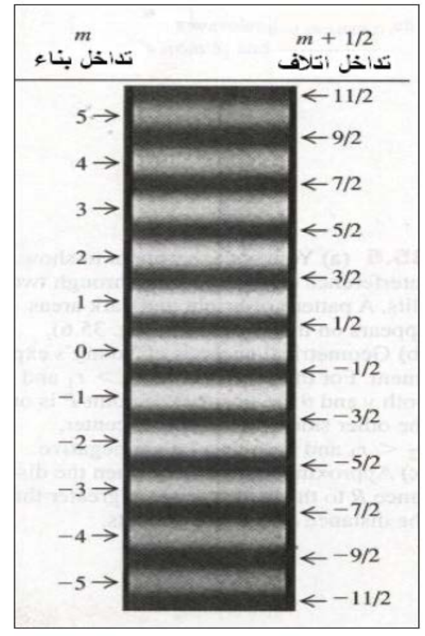
تذكر

1 -يزداد مقدار فاصلة الهدب (Δ ص) عندما يزداد بعد الشقين عن الشاشة (س).

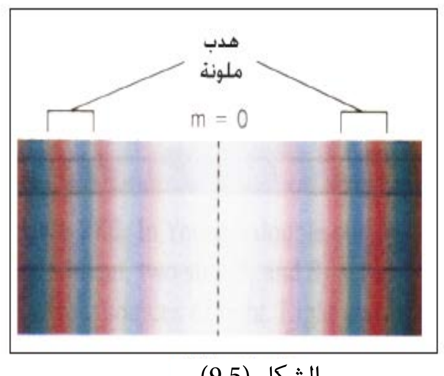
2 -يزداد مقدار فاصلة الهدب (Δ ص) إذا قل البعد بين الشقين (د).

3 -يزداد مقدار فاصلة الهدب (Δ ص) عند ازدياد الطول الموجي للضوء الأحادي المستعمل في تجربة يونك.

لعلك تتسأل؟ لو استعمل الضوء الأبيض في تجربة يونك. فكيف يظهر لون الهداب المركزي المضيء؟ وكيف تظهر بقية الهدب المضيئة على جانبي الهداب المركزي المضيء؟



الشكل (8.5) يوضح مواقع هدب التداخل



الشكل (9.5)

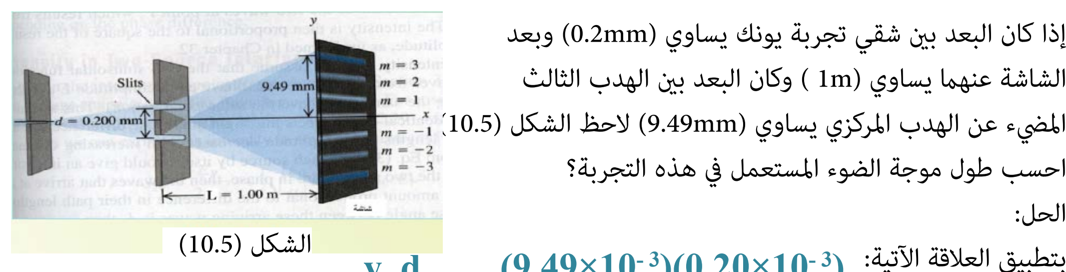
يظهر الهدب المركزي بلون أبيض وعلى كل من جانبيه تظهر أطياف مستمرة للضوء الأبيض يتدرج كل طيف من اللون البنفسجي إلى اللون الأحمر، لاحظ الشكل (9.5). وماذا تتوقع أن يحصل إذا كان المصدران الضوئيان غير متشاكهين؟ فهل يحصل التداخل البناء والاتلاف؟

الحقيقة يحصل التداخل البناء والاتلاف بالتعاقب وبسرعة كبيرة جداً لا تدركهما العين. لأن كلا من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جداً فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أية نقطة من نقاط الوسط، لذا تشاهد العين إضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الابصار.

فكر

في حالة استعمالك لضوء احمر في تجربة شقي يونك ستشاهد أن المسافات بين هداب التداخل أكبر مما هي عليه في حال استعمال الضوء الازرق، لماذا؟

Example 5.2 — مثال 2.5



الشكل (10.5)

إذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي (0.2mm) وبعد الشاشة عنهما يساوي (1m) وكان البعد بين الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي (9.49mm) لاحظ الشكل (10.5) احسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة؟

الحل:

بتطبيق العلاقة الآتية للهدب المضيئة:

$$\lambda = \frac{y_m d}{mL} = \frac{(9.49\times10^{-3})(0.20\times10^{-3})}{3}$$

$$\lambda = 633\times 10^{-9}\text{m} \qquad \lambda = 633\ \text{nm}$$

فكر

هل أن الهدب المضيء الثالث (m=-3) يُعطي الطول الموجي نفسه؟

Example 5.3 — مثال 3.5

في الشكل (11.5) استعمل ضوء أحمر طوله الموجي (λ=644 nm) في تجربة يونك وكان البعد بين الشقين ($d=1.2\times10^{-4}$ m) وبعد الشاشة عن الشقين (L= 2.75 m). جد المسافة (ص) على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة عن الهدب المركزي، علما أنَ:

$\sin(0.951^{\circ}) = 0.0166$ $\quad$ $\tan(0.951^{\circ}) = 0.1656$

الحل:

نحسب أولا قياس الزاوية (θ) للمرتبة المضيئة الثالثة (m=3)

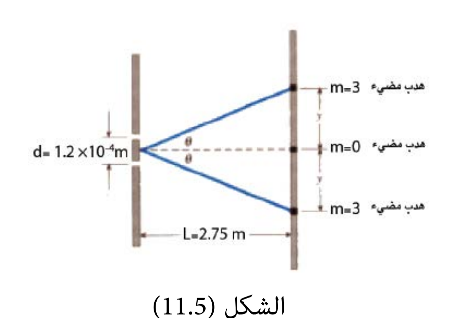
$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$1.2\times 10^{-4} \sin \theta = 3 \times 664 \times 10^{-9}$$

$$\sin \theta = 0.0166$$

ومنها نجد أن:

$$\theta = 0.951^{\circ}$$



الشكل (11.5)

$$y = L \tan \theta$$

$$y = 2.75 \times \tan 0.951$$

$$y = 0.0456 \text{ m}$$

$$y = 4.56 \text{ cm}$$

بعد مركز الهدب ذي المرتبة الثالثة عن مركز الهدب المضيء

مثال 4.5 — Example 5.4

نتج ضوء ليزري 630 nm , بعد سقوطه على شقين, أهداب تداخل, تفصل بين الأهداب الساطعة منها مسافة قدرها 8.3 nm . تصبح هذه المسافة لدى استخدام ضوء آخر 7.6nm ، ما هو طول موجة الضوء الآخر؟

الحل:

نستخدم العلاقة:

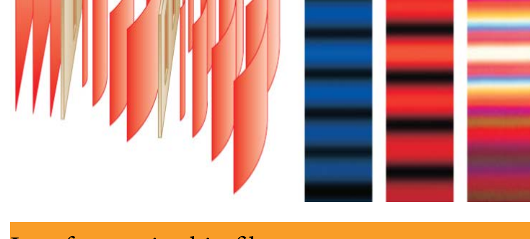
$$\lambda = \frac{d}{L} \Delta Y$$

البعد بين الشقين (d) والمسافة بين الشقين والشاشة (D) ثابتان في الحالتين, وعلى اعتبار أن

$\Delta Y_1 = 8.3$ mm , $\Delta Y_2 = 7.6$ mm.

$\lambda_1 = 630$ mm , $\lambda_2 =$ طول موجة الضوء الآخر

حاول أن تعيد حل المثال بطريقة رياضية أخرى.



أهـــداف الـــدرس

الدرس الثالث : (ثلاث حصص)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

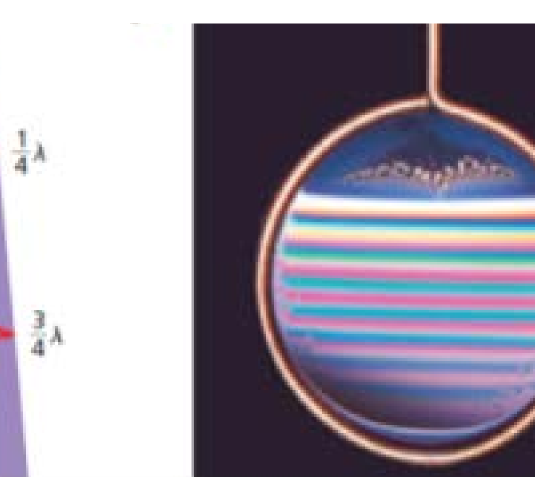
يَذكر بعض التطبيقات الحياتية للأغشية الرقيقة.

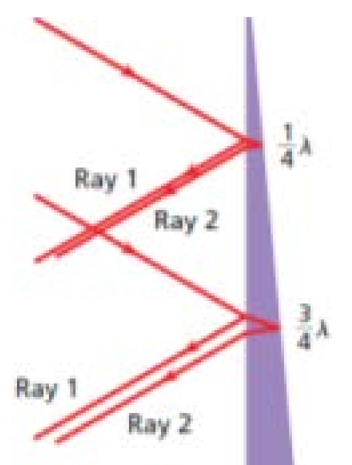
يُفسر التداخل في الأغشية الرقيقة.

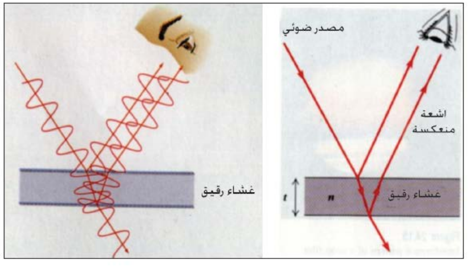
يَشرح مفهوم حيود موجات الضوء.

5 - 4 التداخل في الأغشية الرقيقة Interference in thin films

في حياتنا اليومية نشاهد أحياناً تلون بقع الزيت الطافية على سطح الماء بألوان زاهية أو نشاهد أغشية فقاعة الصابون ملونة بألوان الطيف الشمسي وسبب ذلك هو حدوث التداخل بين موجات الضوء الأبيض المنعكس على السطح الأمامي والسطح الخلفي للغشاء...







الشكل (12.5) التداخل في الأغشية الرقيقة

وينتج عن ذلك طرح بعض الأطوال الموجية بالتداخل الاتلاف وانعكاس الألوان المتممة له.

إن التداخل في الأغشية الرقيقة يتوقف على عاملين هما:

1 -سمك الغشاء: إذ أن الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي تقطع مساراً زيادة على الذي تقطعه الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي يساوي ضعف سمك الغشاء.

2 -انقلاب الطور: فالموجات المنعكسة عن السطح الأمامي يحصل لها انقلاباً في الطور مقداره (πrad).

وللتعرف على مفهوم التداخل في الأغشية الرقيقة لاحظ الشكل (12.5) إذ يبين أن الموجات الضوئية الساقطة على الغشاء ينعكس قسم منها عن السطح الأمامي للغشاء وتعاني انقلاباً في الطور مقداره (πrad) لأن كل موجة تنعكس عن وسط معامل انعطافه أكبر من الوسط الذي قدمت منه يحصل لها انقلاباً في الطور بمقدار (180^{o}).

أما القسم الآخر من الضوء فإن موجاته تنفذ في الغشاء وتعاني انعطافاً، وعند انعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء (الذي سمكه t) لا تعاني انقلاباً في الطور، بل تقطع زيادة على ذلك مساراً بصرياً يساوي ضعف السمك البصري للغشاء (2nt). فيحصل تداخل بين الموجتين المنعكستين عن السطح الأمامي والخلفي وحسب مقدار فرق الطور.

فإذا كان السمك البصري للغشاء (ن م) مساويا للأعداد الفردية لربع طول موجة الضوء الأحادي الساقط

$$\left(1\times\frac{1}{4}\lambda,\ 3\times\frac{1}{4}\lambda,\ 5\times\frac{1}{4}\lambda,\ 7\times\frac{1}{4}\lambda,\ldots\right)$$

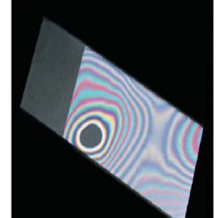
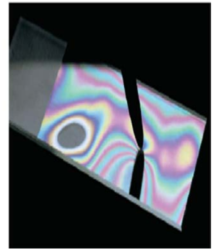
سيكون التداخل بناءً على وفق العلاقة الآتية:

$$2nt+\frac{1}{2}\lambda=\lambda,2\lambda,3\lambda,\ldots\ldots$$

ملاحظات عملية

صفيحتان من الزجاج بينهما فجوة هوائية ضيقة ضيئتا بضوءٍ أبيض، ظهرت عليهما هُدُب التداخل في الضوء المنعكس

الضغط على إحداهما برأس قلم يغير سمك الفجوة الهوائية فتتشوه هدب التداخل

الشكل (13.5)

أي أن :

$$nt=\left(1\times\frac{1}{4}\lambda,\ 3\times\frac{1}{4}\lambda,\ 5\times\frac{1}{4}\lambda,\ 7\times\frac{1}{4}\lambda,\ldots\right)$$

إذ يظهر الغشاء مضاءً بلون الضوء الساقط عليه (تداخل بناء).

اما إذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساوياً للأعداد الزوجية لربع طول موجة الضوء الأحادي الساقط ،

$$nt=\left(2\times\frac{1}{4}\lambda,\ 4\times\frac{1}{4}\lambda,\ 6\times\frac{1}{4}\lambda,\ 8\times\frac{1}{4}\lambda,\ldots\right)$$

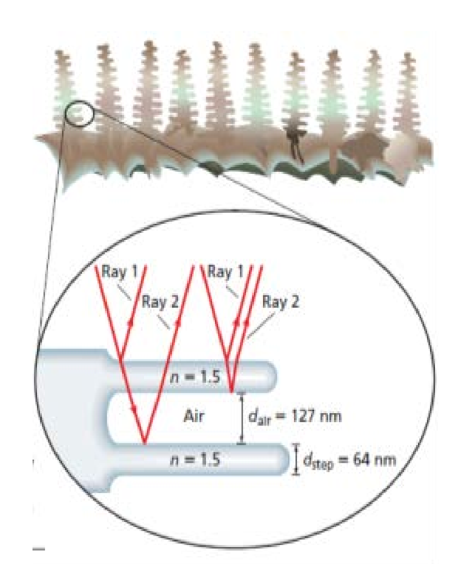
سيكون التداخل اتلافي على وفق العلاقة الآتية:

$$2nt+\lambda=\frac{1}{2}\lambda,\ \frac{1}{2}\lambda,\ \frac{1}{2}\lambda,\frac{1}{2}\lambda,\ldots$$

$$2nt=0,\ \frac{2}{2}\lambda,\ \frac{4}{2}\lambda,\frac{6}{2}\lambda,$$

$$nt=0,\frac{2}{4}\lambda,\ \frac{4}{4}\lambda,\frac{6}{4}\lambda,\ldots$$

إذ يظهر الغشاء مظلماً (تداخل اتلاف).





الشكل (14.5)

تذكر

طول موجة الضوء (λ_n) في وسـط ما معامل انعطافه (n) يعطى بـالعلاقة:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

5 - 5 حيود موجات الضوء

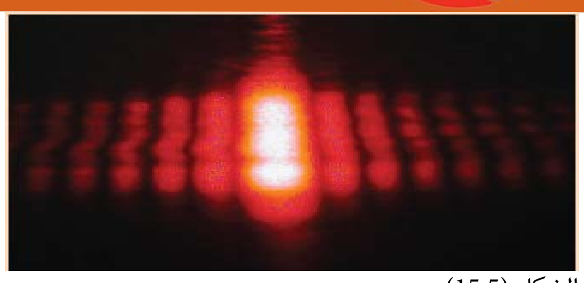
هل جربت يوماً أن تنظر إلى مصباح مضيء من خلال أصبعين من أصابع يدك عند تقريبهما من بعضهما أو النظر إلى ضوء الشمس من خلال تقريب رموش عينيك لتشاهد حزم مضيئة ومظلمة بالتعاقب نتيجة حيود الضوء وتداخله.
وللتعرف على ظاهرة حيود الضوء نجري النشاط الآتي:



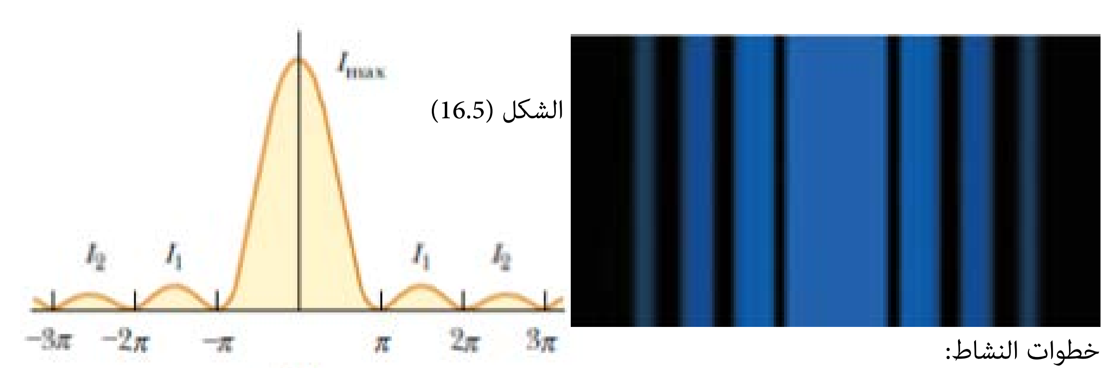
نشاط - 1.5

حيود الضوء

أدوات النشاط:
لوح زجاج، دبوس، دهان أسود، مصدر ضوئي أُحادي اللون.



الشكل (15.5)



الشكل (16.5)

خطوات النشاط:

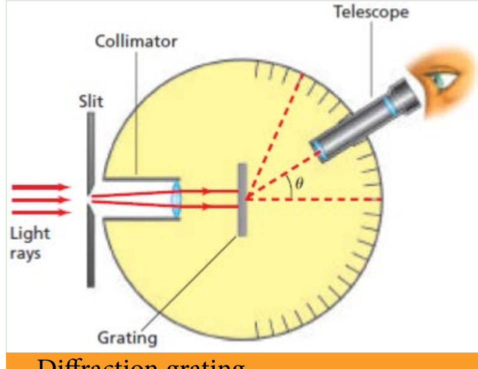
- ادهن لوح الزجاج بالدهان الأسود.
- اعمل شقاً رفيعاً في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس.
- انظر من خلال الشق إلى المصدر الضوئي، ماذا تلاحظ؟

ستلاحظ مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وأن المنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وأن الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدريج عند الابتعاد عن الهداب المركزي المضيء.

إن ظهور مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على أن الضوء يحيد عن مساره، لاحظ الشكل (16.5)

إن شروط الحصول على هدب معتمة أو هدب مضيئة هو كما يأتي: $\ell \sin\theta = m\,\lambda$

- الشرط اللازم للحصول على هدب معتم هو: $\ell \sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$
- الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء هو: $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots\ldots$
- (ℓ) يمثل عرض الشق



أهـــداف الـــدرس

الدرس الرابع : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

يَشرح كيفية صناعة محزز الحيود.
يُوضح الفائدة العملية لجهاز المطياف.

يُعطي تطبيقات عملية حياتية على محزز الحيود.

5 - 6 محزز الحيود Diffraction grating

محزز الحيود أداة مفيدة في دراسة الأطياف وتحليل مصادر الضوء إذ يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذوات الفواصل المتساوية، ويمكن صنع المحزز بوساطة طبع حزوز على لوح زجاج في ماكنة تسطير بالغة الدقة، فالفواصل بين الحزوز تكون شفافة إذ تعمل عمل شقوق منفصلة والحز يعد منطقة مظلمة.

تتراوح عدد الشقوق في السنتمتر الواحد بين (1000 - 10000) line/cm

وعليه فإن ثابت المحزز(d) صغير جداً ويمثل (d) المسافة بين كل حزين متتاليين لاحظ الشكل (17.5).

الشكل (17.5) محزز الحيود

فلو كان عدد الحزوز 5000 line/cm مثلا فإن ثابت المحزز يكون:

$$d=\frac{W}{N}$$

W : عرض المحزز N : عدد الحزوز

ومنها:

$$d=\frac{1}{5000}=2\times10^{4}cm$$

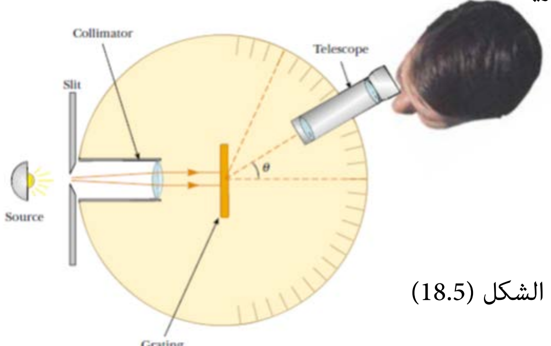
إن فرق المسار البصري بين الشعاعين الصادرين 1.667×10^{-4} من أي شقين متجاورين في محزز الحيود مساوياً إلى $d\sin\theta$.

فإذا كان هذا الفرق مساوياً إلى طول موجة واحدة (λ) أو أعداد صحيحة من طول الموجة $(m\lambda)$ فإن الموجات تُكون نتيجة تداخلها هدب مضيئة على الشاشة على وفق العلاقة الآتية:

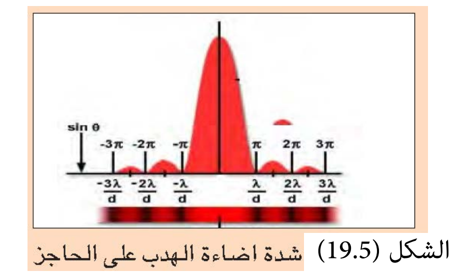
$$d\sin\theta=m\lambda \quad \text{مع} \quad m=0,\pm1,\pm2,\pm3,........$$

يمكن استعمال العلاقة أعلاه لحساب الطول الموجي لضوء أُحادي اللون باستعمال جهاز المطياف (Spectrometer) لاحظ الشكل (18.5).

ويوضح الشكل (19.5) شدة الإضاءة للهدب على الحاجز والتي تكون في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية وتقل شدة الإضاءة للهدب كلما ازداد بعدها عن الصورة المركزية.



الشكل (18.5)



الشكل (19.5) شدة اضاءة الهدب على الحاجز

Example 5.5 مثال 5.5

ضوء أُحادي اللون من ليزر هيليوم-نيون طوله الموجي (λ=644 nm) يسقـــــــــــــط عمودياً على محزز حيود يحتوي السنتمتر الواحد منه على (5000 line) جد زوايا الحيود (θ) للمرتبة الأولى والثانية المضيئة. علماً أن:

$\sin(22.3^{o}) = 0.3796$ $\sin(49.4^{o}) = 0.7592$

الحل:

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1}{600}$$

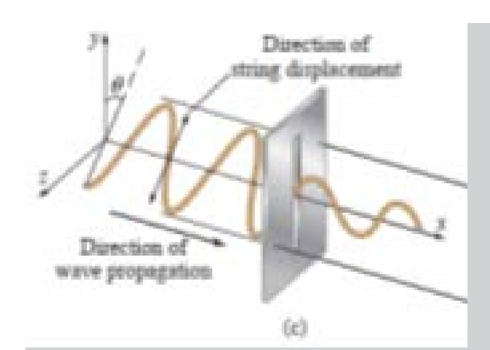
$$d = 1.667 \times 10^{-4}\ cm$$

$$d \sin\theta = m\lambda$$

$$1.667 \times 10^{-4} \times \sin\theta_1 = 1 \times 632.8 \times 10^{-7}\ cm$$

$$\sin\theta_1 = 0.3796$$

ومنها $\theta_1 = 22.3^{o}$ وتمثل زاوية حيود المرتبة الأولى المضيئة.



أهـــداف الـــدرس

الدرس الخامس : (ثلاث حصص)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

يُعرِّف مفهوم استقطاب الضوء.
يُجري تجربة استقطاب الضوء.

يُعطي تطبيقات عملية حياتية على ظاهرة الاستقطاب.

5 - 7 استقطاب الضوء polarization of light

عند دراستك لظاهرتي الحيود والتداخل تبين لك أن هاتين الظاهرتين تثبتان الطبيعة الموجية للضوء، إلا أنهما لم تثبتا حقيقة ' لوجة الضوئية أطولية هي أم مستعرضة؟ ولفهم ذلك نقوم بإجراء النشاط الآتي:



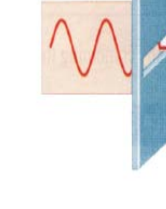
نشاط - 2.5

استقطاب الموجات

أدوات النشاط: حبل مثبت من أحد طرفيه بجدار، حاجز ذو شق.

خطوات النشاط:

- نمرر الطرف السائب من الحبل عبر شق الحاجز. ونجعل الشق طولياً نحو الأعلى وعمودياً مع الحبل.
- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه. نشاهد أن الموجة المستعرضة قد مرت من خلال الشق. لاحظ الشكل (20.5أ).
- نجعل الشق بوضع أفقي ثم نشد الحبل ونتره. نشاهد أن الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق. لاحظ الشكل (20.5ب).



إتجاه تذبذب الحبل

إتجاه انتشار الموجة

الشكل (20.5)

يمكنك التوصل إلى النتيجة نفسها مع موجات الضوء، إذا استعملت شريحة من التورمالين وهي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخلياً. ولمعرفة ذلك قم بإجراء النشاط الآتي:



نشاط - 3.5

استقطاب موجات الضوء

أدوات النشاط: شريحتان من التورمالين، مصدر ضوئي.

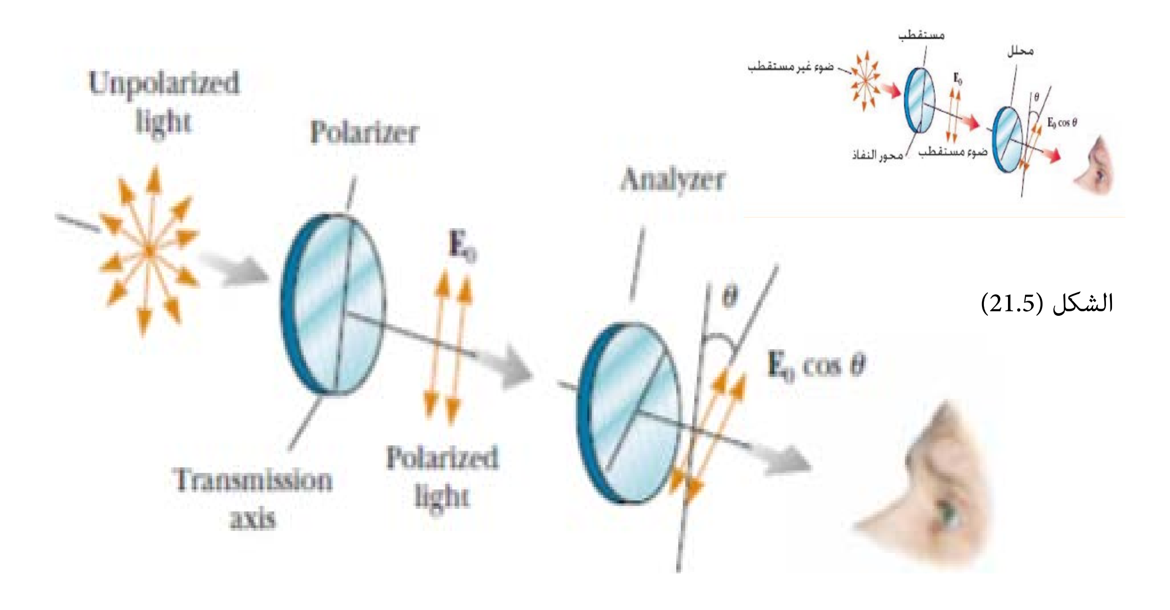
خطوات النشاط:

- خذ شريحة من التورمالين وضعها في طريق مصدر الضوء.
- قم بتدوير الشريحة حول المحور المار من وسطها والعمودي عليها، ولاحظ هل يتغير مقدار الضوء النافذ؟
- ضع شريحتين من التورمالين كما موضح في الشكل (21.5)
- ثبت إحدى الشريحتين، دور الشريحة الأخرى ببطء حول الحزمة الضوئية

ولاحظ شدة الضوء النافذ كما موضح في الشكل (21.5)

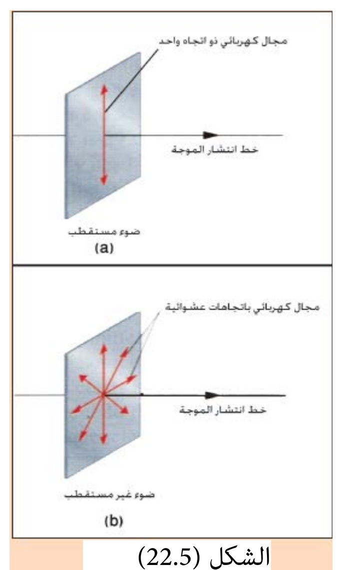
وقد تتساءل لماذا تتغير شدة الإضاءة عند تدوير الشريحة الثانية مع العلم أن لها التركيب نفسه؟

إن الضوء غير المستقطب هو موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعها، وبلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة إذ يسمح بمرور



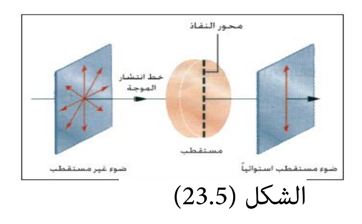
الشكل (21.5)

الموجات الضوئية إذا كان مستوى اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات وهذه العملية تسمى الاستقطاب (polarization) والموجات الضوئية تسمى موجات ضوئية مستقطبة (polarized waves) وتسمى الشريحة التي تقوم بهذه العملية المستقطب (polarizer) والشريحة الثانية بالمحلل (analyzer).
في حالة الضوء المستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاه واحد لاحظ الشكل (22.5أ).
أما في حالة الضوء غير المستقطب فيكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاهات عشوائية (random directions) وفي مستويات متوازية عمودية على خط انتشار الموجة. لاحظ الشكل (22.5ب).



الشكل (22.5)

بمساعدة بعض المواد المستقطبة للضوء مثل (التورمالين، الكوارتز، الكالسايت) يمكن الحصول على الضوء المستقطب من الضوء غير المستقطب.
يكون اتجاه محور النفاذ للمادة المستقطبة هو اتجاه استقطاب الضوء نفسه والمار من خلال المادة لاحظ الشكل (23.5).
وللتعرف على تأثير المادة المستقطبة في شدة الضوء النافذ من خلالها نجري النشاط الآتي:



الشكل (23.5)

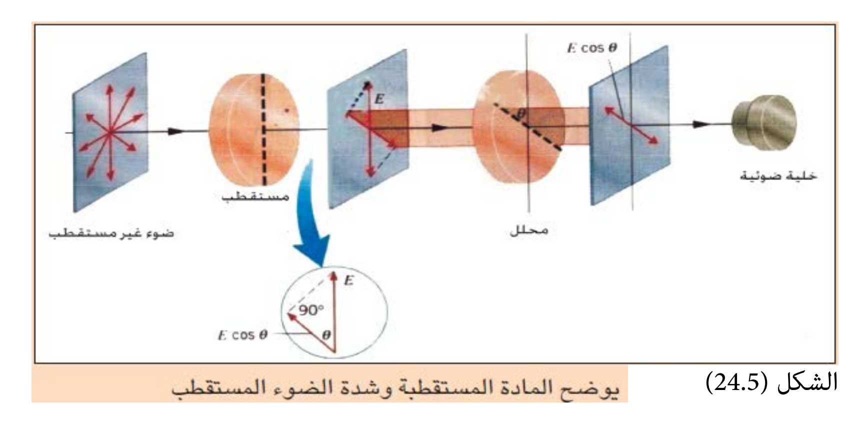


نشاط - 4.5

المادة المستقطبة وشدة الضوء المستقطب النافذ من خلالها

أدوات النشاط: مصدر ضوئي أُحادي اللون، شريحتان من مادة التورمالين.
خطوات النشاط:
- نضع المصدر الضوئي أمام اللوح المستقطب ثم نضع اللوح الثاني المحلل خلفه نلاحظ تناقص شدة الضوء النافذ خلال اللوحين.

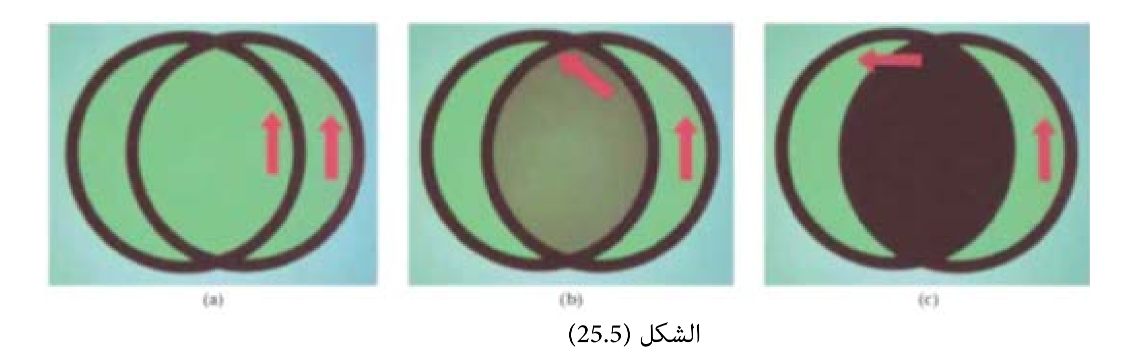
- نقوم بتدوير اللوح المحلل حتى تنعدم شدة الضوء تماماً. لاحظ الشكل (24.5)



الشكل (24.5) يوضح المادة المستقطبة وشدة الضوء المستقطب

نستنتج من ذلك:

إن الضوء الاعتيادي النافذ من خلال اللوح المستقطب قد استقطب استوائيا وقلت شدته، وعند نفوذه من اللوح المحلل قلت شدته أكثر.



الشكل (25.5)

عند تدوير اللوح المحلل عند وضع معين له نجد أن شدة الضوء تختفي تماماً عند النظر من خلاله وهذا يدل على أن الضوء المستقطب قد حجبه المحلل بالكامل لاحظ الشكل (24.5).

طرق الاستقطاب في الضوء polarization methods in light

يمكن الحصول على حزمة ضوئية مستقطبة خطياً من حزمة ضوئية غير مستقطبة.

هنا نتساءل كيف؟ وما التقنيات المستعملة لهذا الغرض؟
يمكن ذلك بوساطة إزالة معظم الموجات من الحزمة الضوئية (غير المستقطبة) ما عدا تلك التي مجالها الكهربائي يتذبذب في مستوٍ واحد منفرد، وأن معظم التقنات الشائعة الاستعمال للحصول على ضوء مستقطب باستعمال مواد تنفذ الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية في مستوٍ موازٍ لاتجاه معين وهو المحور البصري وتمتص تلك الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالاتجاهات الأُخرى. ومن طرق الاستقطاب في الضوء:

1 -الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي polarization by selective absorption

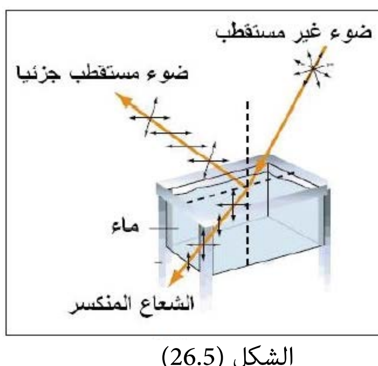
لقد اكتشف مواد تسمى بالقطيبة والتي تستقطب الضوء عبر الامتصاص الانتقائي، إذ تصنع هذه المواد بهيئة ألواح رقيقة ذات سلسلة هيدروكربونية طويلة وتكون الألواح ممتدة خلال تصنيعها إذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء والتي يكون مجالها الكهربائي عمودياً على محورها البصري.
ومن الجدير بالذكر أن هناك مواداً تسمى بالمواد النشطة بصرياً مثل (بلورة الكوارتز، سائل التربنتين، محلول السكر في الماء) هذه المواد لها القابلية على تدوير مستوى الاستقطاب للضوء المستقطب عند مروره من خلالها بزاوية تسمى بزاوية الدوران البصري والتي تعتمد على نوع المادة وسمكها وتركيز المحلول وطول موجة الضوء المار خلالها.



بلورة الكلسايت تنتج صور مزدوجة بسبب الأنعطاف المزدوج بشكل طبيعي

2 -استـقطاب الضوء بالانعكاس polarization of light by reflection

اكتشــف الفيزيــائي مالــوس أنــه عنــد ســقوط الضــوء عــلى ســطوح عاكســة كالمرايــا المســتوية أو كســطح مــاء في بحــيرة، فــإن الضــوء المنعكـس يكـون مسـتقطباً جزئيـاً وفي مسـتوى مـوازٍ لمسـتوى السـطح العاكس كـما في الشـكل (26.5). في حـين أن الضـوء المنعطف في الوسط الثـاني يكـون في مسـتوى سـقوط الاشـعة.

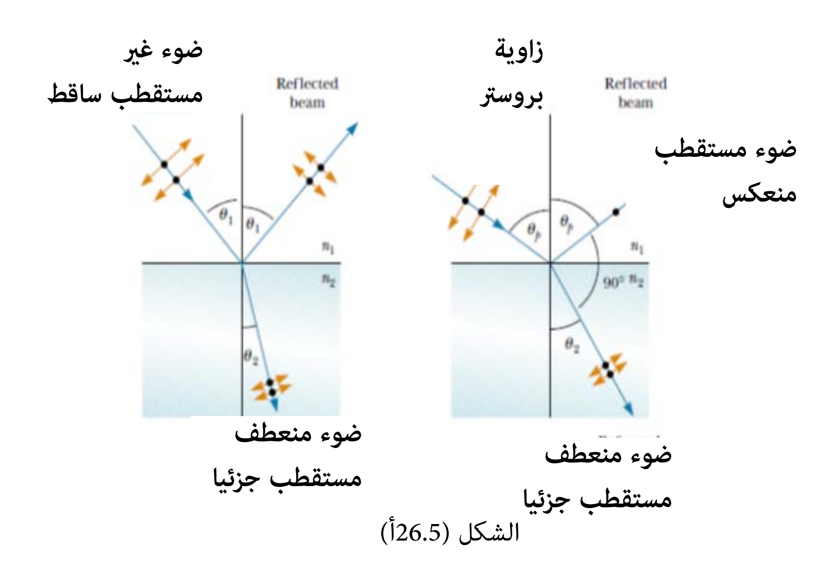


الشكل (26.5)

وتعتمـد درجـة الاسـتقطاب عـلى زاويـة السـقوط، فـإذا كانـت زاويـة سـقوط الضـوء تسـاوي صفـراً لا يحـدث اسـتقطاب، في حـين يـزداد الاسـتقطاب بزيـادة زاويـة السـقوط إلى أن يصـل إلى اسـتقطاب اسـتوائي كلي عنـد زاويـة معينـة تسـمى زاويـة بروسـتر. لاحـظ الشـكل (26.5أ). ويكـون الشـعاع المنعطـف مسـتقطباً جزئيـاً وتكـون الزاويـة بـين الشـعاع المنعكـس والمنعطـف قائمـة 90°.

كما وجد الفيزيائي بروستر علاقة بين زاوية الاستقطاب (هـ ب) ومعامل انعطاف الوسط (مـ) على وفق العلاقة الآتية:

$$\sin \theta_p = n$$



الشكل (26.5أ)



أهــداف الــدرس

الدرس السادس : (حصة واحدة)

بعد نهاية الدرس ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:

يَشرح مفهوم الاستطارة.

يَذكر عدد من التطبيقات العملية الحياتية لاستطارة الضوء.

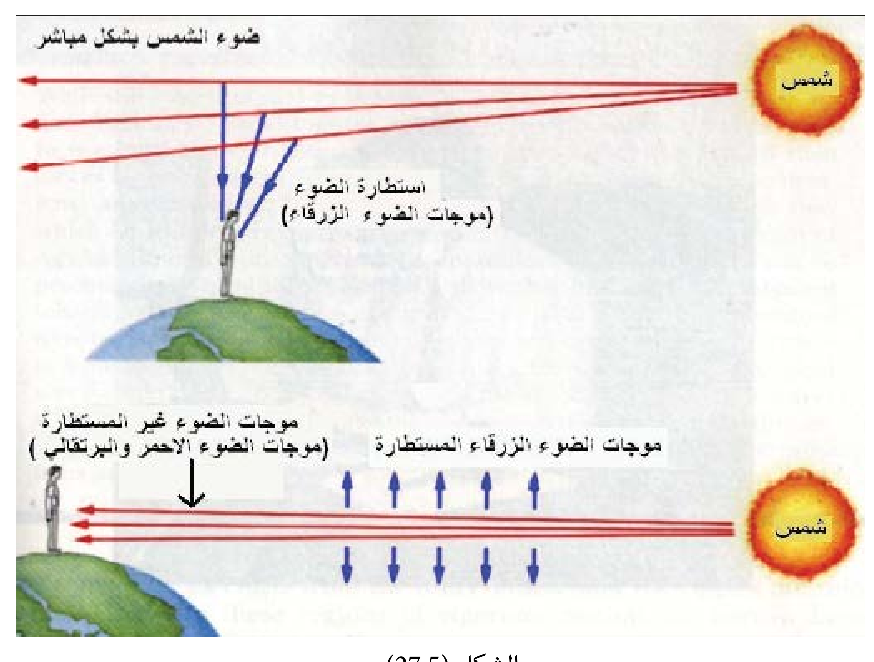
5 - 8 الاستطارة في الضوء scattering of light

لابـد أنـك شـاهدت قـرص الشـمس عنـد الـشروق وعنـد الغـروب فلاحظـت تلـون الأُفـق بلـون الضـوء الأحمـر، وربمـا تتسـاءل: مـا سـبب هـذا اللـون الطاغـي عنـد الأُفـق؟

ولماذا تبدو السماء بلونها الأزرق الباهت عندما تكون الشمس فوق الأُفق نهاراً؟

لاحظ الشكل (27.5).

إن سـبب ذلـك يعـود إلى ظاهـرة الاسـطارة في الضـوء. فعنـد سـقوط ضـوء الشـمس (الـذي تـتراوح أطوالـه الموجيـة (λ) بـين (400nm-700nm) عـلى جزيئـات الهـواء التـي أقطارهـا تبلـغ (d) (إذ أن $\lambda \geq d$) وجـد أن شـدة الضـوء المسـتطار يتناسـب عكسـياً مـع الأس الرابـع للطـول الموجـي أي مـع ($\frac{1}{\lambda^4}$).

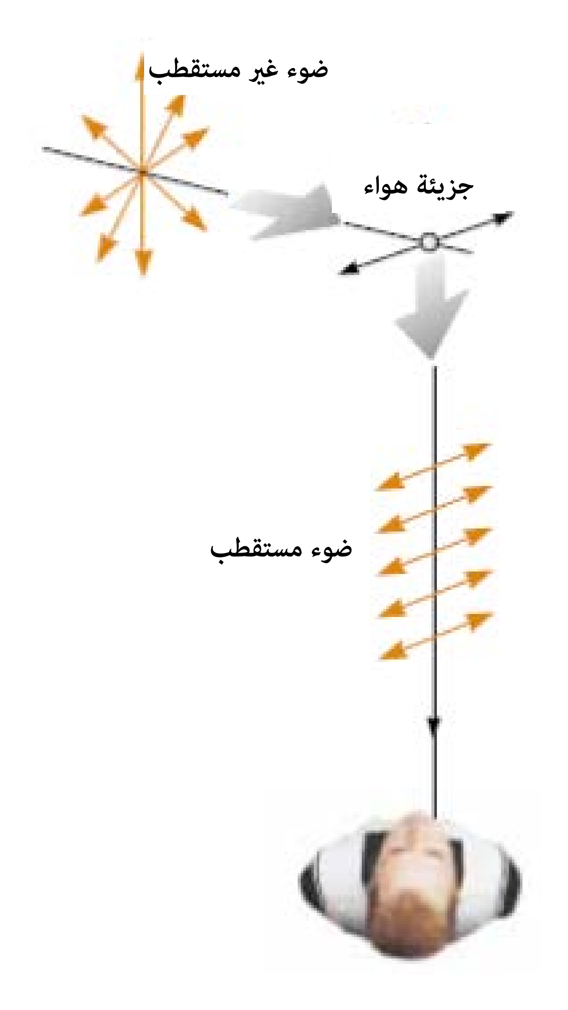


الشكل (27.5)

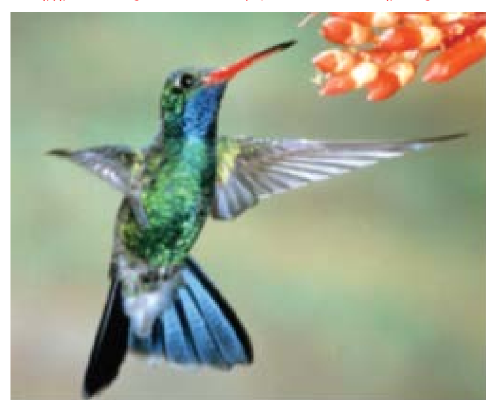
وعلى هذا الأساس فإن الأطوال الموجية القصيرة من ضوء الشمس (وهو الضوء الأزرق) يستطار بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الطويلة (وهو الضوء الأحمر) لاحظ الشكل (27.5).
لذلك عندما ننظر إلى السماء نحو الأعلى فإننا نراها زرقاء بسبب استطارة الضوء الأزرق.

أما إذا نظرنا إلى السماء باتجاه الغرب وقت الغروب (أو باتجاه الشرق وقت الشروق) فإننا نرى ألوان الضوء الأحمر والبرتقالي تلون الأُفق عند غروب الشمس أو أثناء شروقها لقلة استطارتها.
والجدول أدناه يبين مدى (extent) استطارة الضوء بوساطة جزيئات الهواء.

اللون	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	برتقالي	أحمر
الطول الموجي	0.40	0.48	0.52	0.58	0.60	0.70
العدد النسبي للموجات المستطارة	10	5	4	3	2	1



هل تعلم:
الشكل المجاور يُوضح أن ريش بعض الطيور يتلون بألوان زاهية نتيجة استطارة الضوء وظهور ريشها للناظر بهذه الألوان التركيبية.



دليـــــل الـــدراســـة

1 -إن التداخـل في الموجـات الضوئيـة مـن الصفـات العامـة لهـا، وتداخـل الضـوء هـو ظاهـرة إعـادة توزيـع الطاقـة الضوئيـة الناشـئة عـن تراكـب سلسـلتين أو أكـثر مـن الموجـات الضوئيـة المتشـاكهة عنـد انتشـارها بمسـتوٍ واحـد وفي آن واحـد في الوسـط نفسـه.

2 -وإن التداخل المستديم بينها يحصل في الحالات الآتية:

أ) إذا كانت الموجتان متشاكهتين.

ب) إذا كان اهتزازهما في مستوى واحد وفي وسط واحد وتتجهان نحو نقطة واحدة وفي آن واحد.

3 -ومن الجدير بالذكر أن المقصود بالموجات المتشاكهة في الضوء هي الموجات:

أ) المتساوية في التردد.

ب) المتساوية (أو المتقاربة) في السعة.

ج) فرق الطور بينهما ثابت.

4 -والمسـار البـصري هـو الإزاحـة التـي يقطعهـا الضـوء في الفـراغ بالزمـن نفسـه الـذي يقطعـه في الوسـط المـادي الشـفاف يحـدد فـرق المسـار البـصري بـين موجتـين ضوئيتـين تنبعثـان بطـور واحـد عـن المصدريـن عـلى وفـق العلاقـة الآتيـة: ك = 2ط \ ل Δر

5 -اسـتطاع العـالم يونـك أن يثبـت مـن خـلال تجربتـه التـي أجراهـا عـام 1801 م الطبيعـة الموجيـة للضـوء إذ تمكـن مـن حسـاب الطـول الموجـي للضـوء المسـتعمل في التجربة.

6 -شرط التداخل البناء الحصول على هداب مضيئة في تجربة يونك هو: د جا هـ = ن ل

7 -نحصل على هداب معتمه (ناتجة عن التداخل الاتلاف) إذا كانت د جا هـ = (ن + 1 \ 2) ل

8 -ولحسـاب بعـد مركـز الهـداب المـضيء أو المظلـم عـن مركـز الهـداب المركـزي المـضيء (ص) عـلى وفـق العلاقـة الآتيـة: ظا هـ = ص\س إذ (هـ) تمثـل زاويـة الحيـود و(ص) يمثـل البعـد بـين الهـداب المـضيء أو المظلـم عـن مركـز الهـداب المركـزي المـضيء.

5 تقويـم الوحـــدة

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1 -في حيود الضوء، فإن شرط تكون الهداب المضيء الأول (غير المركزي) أن يكون عرض الشق مساوياً إلى:

أ) ل.

ب) ل\2 جا هـ.

ج) ل\2.

د) 3 ل\2 جا هـ.

2 -تعزى ألوان فقاعات الصابون إلى ظاهرة:

أ) التداخل.

ب) الحيود.

ج)الاستقطاب.

د) الاستطارة.

3 - سبب ظهور هدب مضيئة وهدب مظلمة في تجربة شقي يونك هو:

أ) حيود وتداخل موجات الضوء معا.

ب) حيود موجات الضوء معا.

ج) تداخل موجات الضوء معا.

د) استعمال مصدرين ضوئيين غير متشاكهين.

4 - إذا سقط ضوء أخضر على محزز الحيود فإن الهداب المركزي يظهر بلون:

أ) أصفر.

ب) أحمر.

ج) أخضر.

د) أبيض.

5 - تزداد زاوية حيود الضوء مع:

أ) نقصان الطول الموجي للضوء المستعمل.

ب) زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل.

ج) بثبوت الطول الموجي للضوء المستعمل.

د) كل الاحتمالات السابقة.

6 -إذا كان فـرق المسـار البـصري بـين موجتـين ضوئيتـين متشـاكهتين متراكبتـين يسـاوي أعـداداً فرديـة مـن أنصـاف الأطـوال الموجيـة عندهـا يحصـل:

أ) تداخل بناء.

ب) استطارة.

ج) استقطاب.

د) تداخل اتلاف.

7 -لتداخل موجات الضوء يجب أن يكون مصدراهما:

أ) متشاكهين.

ب) غير متشاكهين.

ج) مصدرين مختلفين من الليزر.

د) جميع الاحتمالات السابقة.

8 -في تجربـة شـقي يونـك. يحصـل الهـداب المـضيء الأول عـلى جانبـي الهـداب المركـزي المـضيء المتكـون عـلى الشاشـة عندمـا يكـون فـرق المسـار البـصري مسـاوياً إلى:

أ) 1\2 ل .

ب) ل.

ج) 2ل.

د) 3ل.

9 -نمط التداخل يتولد عندما يحصل:

أ) الانعكاس. ب) الانعطاف. ج) الحيود. د) الاستقطاب.

10 -أغشية الزيت الرقية وغشاء فقاعة الصابون تبدو ملونة بألوان زاهية نتيجة الانعكاس و:

أ) الانعطاف. ب) التداخل. ج) الحيود. د) الاستقطاب.

11 -الخاصية المميز للطيف المتولد بوساطة محزز الحيود تكون:

أ) الخطوط المضيئة واضحة المعالم.

ب) انتشار الخطوط المضيئة.

ج) انعدام الخطوط المضيئة.

د) انعدام الخطوط المظلمة.

12 -حزمة الضوء غير المستقطبة هي التي تكون تذبذب مجالاتها الكهربائية.

أ) مقتصرة على مستوى واحد.

ب) تحصل في الاتجاهات جميعها.

ج) التي يمكنها المرور خلال اللوح القطيب.

د) تحصل في اتجاهات محددة.

13 -الموجات الطولية لا يمكنها اظهار:

أ) الانعكاس. ب) الانعطاف. ج) الحيود. د) الاستقطاب.

14 -تكون السماء زرقاء بسبب:

أ) جزيئات الهواء تكون زرقاء.

ب) عدسة العين تكون زرقاء

ج) استطارة الضوء تكون أكثر مثالية للموجات قصيرة الطول الموجي.

د) استطارة الضوء تكون أكثر مثالية للموجات طويلة الطول الموجي.

15 -عند إضاءة شقي يونك بضوء أخضر طوله الموجي (5×10^{-7} م) وكان البعد بين الشقين (1ملم) وبعد الشاشة عن الشقين (2م) فإن البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة يساوي:

أ) (0.1 ملم).

ب) (0.25 ملم).

ج) (0.4 ملم).

د) (1 ملم).

س2/ هل يمكن للضوء الصادر عن المصادر غير المتشاكهة أن يتداخل؟ وهل يوجد فارق بين المصادر المتشاكهة وغير المتشاكهة؟

س3/ مصدران ضوئيان موضوعان الواحد جنب الآخر معا, أُسقطت موجات الضوء الصادر منهما على شاشة. لماذا الموجات الكهرومغناطيسية تظهر نمط التداخل من تراكب موجات الضوء الصادرة عنهما على الشاشة؟

س4/ لو اجريت تجربة يونك تحت سطح الماء، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل؟

س5/ ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين متشاكهتين متداخلتين في حالة:

أ) التداخل البناء.

ب) التداخل الاتلافي.

س6/ خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح، في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء وبلا نجوم، ما تفسير ذلك؟

س7/ ما التغير الذي يحصل في عرض المنطقة المركزية لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق أكثر؟

مسائل الوحـــدة 5

س1/ وضعت شاشة على بعد (4.5 م) من حاجز ذي شقين وأضيء الشقان بضوء أُحادي اللون طول موجته في الهواء (ل = 490نانم) فكانت المسافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي ومركز الهداب ذو المرتبة (ن =1) المضيء تساوي (4.5 سم)، ما مقدار البعد بين الشقين؟

س2/ ضوء أبيض تتوزع مركبات طيفه بوساطة محزز حيود فإذا كان للمحزز (2000 حز\سم). ما قياس زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي (ل = 640نانم) إذا علمت أنّ جا 7.36° = 0.128

س3/ سقطت حزمة ضوئية على سطح عاكس بزوايا سقوط مختلفة القياس. وقد تبين أن الشعاع المنعكس أصبح مستقطباً كلياً عندما كانت زاوية السقوط (48°) احسب معامل الانعطاف للوسط؟ علما أن: ظا 48° = 1.110

س4/ إذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمادة العقيق الأزرق المحاطة بالهواء (34.4°)، احسب زاوية الاستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة، علما أن: ظا 60.5° =1.77 ، جا 34.4° =0.565


تم بحمد الله